

# ENCYCLOPÉDIE CHIMIQUE

PUBLÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. FREMY

Membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, directeur du Muséum

Membre du Conseil supérieur de l'instruction publique

PAR UNE RÉUNION

D'ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DE PROFESSEURS ET D'INDUSTRIELS

ET NOTAMMENT DE

MM. ARSON et AUDOUIN, ing. en chef des travaux chim. à la Compagnie parisienne du gaz  
 H. BECQUEREL, répétiteur à l'École polytechnique; BERTHELOT, sénateur, membre de l'Institut  
 BOUILHET, ing. dir. de la maison Christofle; M. BOURGEOIS, répétiteur à l'École polytechnique  
 BRESSON, ancien directeur des mines et mines de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État  
 BOURGOIN, professeur à l'École de pharmacie; BOUTAN, ingénieur des mines  
 CAMUS, directeur de la Compagnie du gaz; A. CARNOT, directeur des études de l'École des mines;  
 CHARPENTIER (Paul), ingénieur-chimiste expert, essayeur à la Monnaie  
 CHASTAING, pharmacien en chef de la Pitié; CLÈVE, prof. à l'Université d'Upsal; CUMENGE, ingén. en chef des mines  
 CURIE (J.), maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier; DEBIZE, ingénieur en chef des manuf. de l'État  
 DEBRAY, membre de l'Institut; DECAUX, directeur des teintures des manuf. de l'État  
 DEBÉRAIN, membre de l'Institut, professeur au Muséum  
 DITTE, professeur à la Faculté des sciences de Caen; DUBREUIL, président de la chambre de commerce à Limoges  
 DUCLAUX, prof. à l'Institut agronom.; DUPRÉ, s.-dir. du labor. municipal; DUQUESNAY, ing. des manuf. de l'État  
 EUVERTE, directeur des forges de Terre-Noire; DE FORCRAND, docteur en sciences; FUGHS, ing. en chef des Mines  
 GARNIER, professeur à la Faculté de médecine de Nancy  
 GAUDIN, ancien élève de l'École polytechnique, prof. de chimie; GIRARD, directeur du laboratoire municipal  
 L. GODEFROY, professeur à l'École libre des hautes-études; L. GRUNER, inspecteur général des mines  
 CH.-ER. GUGNET, ancien élève et répétiteur à l'École polytechnique, professeur de chimie  
 GUNTZ, maître de confér. à la Fac. des sciences de Nancy; RENRIVAUX, direc. de la manufact. des glaces de Saint-Gobain  
 JOANNIS, maître de conférences à la Faculté des sciences de Bordeaux; JOLY, maître de conférences à la Sorbonne  
 JOULÉ, pharmacien en chef de l'Aspice Dubois; JUNGFLEISCH, professeur à l'École de pharmacie  
 KOLB, administrateur de la Société des manufactures des produits chimiques du Nord  
 LEIDIE, pharm. en chef de l'hôpital Necker; LÉMOINE, ing. en ch. des ponts et chaussées, exam. à l'École polytechnique  
 LODIN, ing. des mines; MALLARD, prof. à l'École des mines; MARGOTTET, prof. à la Faculté des sciences de Dijon  
 MARGUERITTE, prés. du conseil d'admin. de la compagnie paris. du gaz  
 MATHEY, dir. des houillères de Blanzy; MEUNIER (STANISLAS), aide-natur. au Muséum; MOISSAN, agrégé à l'Éc. de pharm.  
 MOUTIER, examinateur de sortie à l'École polytechnique  
 MUNTZ, professeur, directeur des laboratoires à l'Institut agronomique; NIVOIT, profess. à l'École des ponts et chaussées  
 ODENT, anc. élève de l'École polytechnique; OGIER, dir. du laboratoire de toxicologie à la préfecture de police  
 PABST, chimiste principal au laboratoire municipal; PARMENTIER, profess. à la Faculté des sciences de Montpellier  
 PÉCRINEY, directeur des usines de produits chim. du midi; PERSOZ fils, directeur de la condition des soies  
 POMMIER, industriel; PORTES, pharm. en chef de l'hôpital de Lourdes; PRUNIER, prof. à l'École de pharmacie  
 RIBAN, directeur du laboratoire de la Sorbonne; ROSWAG, ingénieur civil des Mines  
 ROUSSEAU, s.-dir. du laboratoire de chimie de la Sorbonne; SABATIER, prof. à la Faculté des sciences de Toulouse  
 SARRAU, professeur à l'École polytechnique; SCHLAGDENHAUFFEN, dir. de l'École de pharmacie de Nancy  
 SCHLESING, prof. au Conservatoire des arts et métiers; SOREL, anc. ingén. des manuf. de l'État  
 TERREIL, aide-naturaliste au Muséum; TERQUEM, professeur à la Faculté de Lille  
 URBAIN, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures; VERNERUIL, professeur de chimie  
 VIEILLE, ing. des poudres et salpêtres; VILLIERS, agrégé à l'École de pharm.; VINCENT, prof. à l'École centrale  
 VIOLE, prof. à la Faculté des sciences de Lyon; WELDON, membre de la Société royale de Londres, etc.

TOME X

APPLICATIONS DE CHIMIE ORGANIQUE

LE SUCRE

Par M. Paul CHARPENTIER

Ingénieur-chimiste expert, essayeur des Monnaies de France.

PARIS

V<sup>VE</sup> CH. DUNOD, ÉDITEURLIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES CHEMINS DE FER  
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Augustins, 49

1889

Droits de traduction et de reproduction réservés



# LE SUCRE

---

## MATIÈRES SUCRÉES

Par M. Paul CHARPENTIER

---

Il est certain que pour traiter du sucre et de sa production, pour examiner les procédés chimiques et les appareils mécaniques usités dans son extraction, nous serons forcément amenés à toucher à la plupart des grandes questions de technologie qui intéressent aujourd'hui les sociétés humaines.

Les sciences naturelles, la physique, la chimie, l'art agricole dans ses principales branches, la mécanique, l'art de la construction, la science commerciale et la législation, l'alimentation publique, voire même l'hygiène, apportent à la sucrerie un concours actif, et sans les connaissances générales qui en dépendent, sans la notion précise d'une foule de faits particuliers qui s'y rattachent, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de bien apprécier la question sucrière.

Dans le cours de l'étude qui va suivre, nous nous efforcerons de rappeler d'abord les principes de science pure sur lesquels doivent toujours s'appuyer les méthodes industrielles, puis nous donnerons l'indication et la description de ces principales méthodes, employées aujourd'hui dans la fabrication du sucre, en passant rapidement sur celles qui ne présentent plus aujourd'hui qu'un intérêt historique, mais en nous appesantissant au contraire, dans les limites restreintes d'une étude aussi courte, sur les méthodes et les appareils les plus récemment introduits dans cette grande industrie.

Au point de vue de la classification à adopter dans l'étude des matières sucrées, nous ne croyons pas pouvoir mieux faire que d'adopter celle suivie par MM. Pelouze et Fremy.

Nous les diviserons donc en trois classes que nous étudierons successivement. On verra tout d'abord que la première classe est de beaucoup la plus importante et la plus intéressante :

1° Dans la première classe, nous rangerons les sucres proprement dits, c'est-à-dire ceux qui jouissent de la propriété de se dédoubler *facilement* en

acide carbonique et en alcool sous l'influence de la levure de bière. Ces corps renferment l'oxygène et l'hydrogène dans les proportions convenables pour former de l'eau. Dans ce groupe viennent se ranger le sucre de canne et ses différents isomères, la glucose et ses diverses variétés, la lévulose ou sucre incristallisable, la lactose, etc...

2° La deuxième classe comprend des substances qui présentent la même composition que les sucres proprement dits, mais qui n'éprouvent pas *immédiatement* la fermentation alcoolique au contact de la levure de bière. Elles se distinguent en outre des sucres par une stabilité moins grande; entre 150 et 200 degrés, leur destruction est complète. Dans ce groupe viennent se ranger la sorbine, l'eucalyne, etc.

3° Dans la troisième classe, nous rangerons les corps sucrés qui ne fermentent pas sous l'influence de la levure de bière, qui possèdent une certaine volatilité et qui résistent sans se détruire à l'action d'une température pouvant atteindre 250 degrés. Dans le cours de cet ouvrage, toutes les températures sont, à moins d'indications contraires, exprimées en degrés centigrades. Ces substances ne sont plus représentées par du carbone et de l'eau; elles contiennent un excès d'hydrogène. On peut donc les appeler *matières sucrées surhydrogénées*. Nous y rangerons la glycérine, la mannite, la dulcite, la pinite, etc.

---

# TITRE PREMIER

---

## PREMIÈRE CLASSE DE SUCRES

---

### CHAPITRE PREMIER

---

#### SACCHAROSE. — $C^{12}H^{22}O^{12}$

---

##### 1. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les saccharoses sont des sucres facilement cristallisables qui ont pour type le sucre de cannes ou de betteraves.

Avant de fermenter elles se transforment d'abord en *glucose*  $C^6H^{12}O^6$ , en assimilant les éléments de l'eau.

Les *saccharoses* comprennent le sucre de canne ou de betterave, la *lactose* ou sucre de lait, la *mélézitose*, la *tréhalose*.

La saccharose proprement dite est très répandue dans le règne végétal; on la rencontre en abondance dans les tiges d'un grand nombre de graminées, notamment dans la canne à sucre (*saccharum officinarum*), et dans certaines racines, particulièrement dans la betterave.

Le sucre ordinaire ou normal cristallise en prismes rhomboïdaux obliques hémiedriques. C'est un corps solide, blanc, inodore, dont la densité est égale à 1,6. Le sucre devient phosphorescent par le choc. Quand on le frotte pendant longtemps avec un corps dur, il prend une saveur désagréable. Il entre en fusion vers 160 degrés. Au-dessus de cette température il subit diverses modifications de plus en plus profondes.

La saccharose est très soluble dans l'eau. Elle se dissout dans un tiers environ de son poids d'eau froide et en toutes proportions dans l'eau bouillante. L'alcool faible la dissout facilement, mais elle est à peine soluble dans l'alcool anhydre. Insoluble dans l'éther.

Quand on évapore rapidement une dissolution concentrée de sucre ordinaire,



on obtient un liquide épais qui se prend en masse lorsqu'on le coule sur un corps froid et qui porte le nom de *sucré d'orge*. On admet que le sucre d'orge et le sucre de canne ont la même composition.

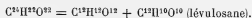
La dissolution de sucre normal dévie à droite le plan de polarisation, elle est *dextrogyre* et son pouvoir rotatoire est égal à  $+ 73^{\circ},8$ . Ce pouvoir rotatoire ne paraît pas varier sensiblement avec la température.

Sous l'influence des acides minéraux étendus à  $100$  degrés, le pouvoir rotatoire change presque immédiatement et devient *lévogyre*. Il est alors exprimé par  $- 26$  degrés à la température de  $+ 15$  degrés. Le sucre prend alors le nom de *sucré interverti*.

Pour cette transformation l'eau même suffit à  $100$  degrés. L'action prolongée de la chaleur s'exerçant à une température de  $180$  degrés, paraît faire subir au sucre la même transformation. Les ferments produisent aussi ce changement.

À l'époque de la maturité, la matière sucrée des fruits acides se compose soit de *sucré interverti*, soit de proportions variables de *sucré normal* et de *sucré interverti*.

L'eau froide ne paraît exercer aucune action sur le sucre; mais sous l'influence de la chaleur, l'eau hydrate le sucre et le transforme en glucose. Cette transformation ne s'opère pas directement; le sucre normal se transforme d'abord en *sucré interverti*, qui est un mélange en parties égales de *dextrose* et de *lévulose*



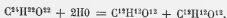
## 2° PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Chauffée à  $220$  degrés, la saccharose perd quatre équivalents d'eau et se transforme en un corps brun le caramel  $C^{12}H^{18}O^{18}$ ; soumise à l'action de l'amalgame de sodium en présence de l'eau, elle donne de la mannite.

### ACTION DES ACIDES

On peut considérer la saccharose comme étant la combinaison d'un équivalent de glucose et d'un équivalent de *lévulose* avec élimination de deux équivalents d'eau.

Les acides étendus, en effet, transforment le sucre ordinaire *dextrogyre* en un mélange de glucose et de *lévulose* que nous avons nommé *sucré interverti*



Ce *sucré interverti* possède les propriétés générales des glucoses; il fermente facilement, s'altère à  $100$  degrés par l'action des alcalis et s'oxyde par l'action du tartrate cupropotassique. Les acides étendus ne le modifient pas à  $+ 100$  degrés. Son pouvoir rotatoire rapporté à la teinte de passage et à la formule  $C^{12}H^{12}O^{12}$  est égal à  $- 26$  degrés, à la température de  $+ 15$  degrés centigrades.

Les acides peuvent se combiner avec le sucre normal. L'interversion qui est le résultat de leur action dépend de leur concentration. Les acides très dilués

intervertissent le sucre lentement à froid, mais rapidement à chaud. Les acides minéraux agissent avec plus d'énergie que les acides organiques; l'acide sulfurique notamment.

L'acide sulfurique concentré se combine avec le sucre et forme, si le mélange a été refroidi, un composé analogue à l'acide sulfoglucique. Dans le cas contraire, le mélange s'échauffe considérablement. Il se forme de l'acide sulfureux et de l'acide formique. La masse s'épaissit et prend une coloration noire et renferme alors une grande quantité d'acide ulmique.

L'acide sulfurique étendu, réagit également sur le sucre à la température ordinaire; au bout d'un certain temps, la transformation en glucose est complète. A une température plus élevée, une certaine quantité d'acide ulmique prend naissance et il y a production d'acide formique si la liqueur est exposée à l'air.

Distillé avec un mélange d'acide sulfurique et de peroxyde de manganèse, le sucre donne de l'acide formique  $C^2H^2O^4$ .

A froid, l'acide phosphorique anhydre ne réagit pas sur le sucre; mais si le mélange est soumis à l'action de la chaleur, il brunit et dégage de l'acide formique, tandis que la plus grande partie du résidu est formée d'acide ulmique.

L'acide azotique agit vivement sur le sucre; il se forme d'abord un acide déliquescant, nommé *acide oxysaccharique*  $C^6H^{10}O^7$ , HO, et ensuite de l'acide oxalique  $C^2H^2O^3$ .

Un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique concentrés réagit sur le sucre à basse température; il ne se dégage pas de gaz, mais le sucre se transforme en une masse visqueuse, insoluble qui devient cassante après avoir été lavée et desséchée à froid. Cette substance que l'on a nommé *sucre nitré* est incolore, inodore et sans saveur. Sous l'influence de la chaleur, elle se ramollit et peut faire explosion. Quand on laisse le sucre nitré au contact de l'eau, il finit par s'altérer, redevient mou et visqueux, et abandonne de l'acide azotique à l'eau qui le recouvre.

Le chlore sec attaque le sucre à la température de 100 degrés et le convertit, comme la glucose, en une matière brune soluble en partie dans l'eau.

Le même produit brun prend encore naissance lorsqu'on fait réagir les perchlorures métalliques sur le sucre. Cette réaction peut être utilisée dans les recherches de chimie analytique.

#### ACTION DES OXYDANTS

Le sucre normal est facilement oxydé. Sous l'influence de la chaleur, les sels d'argent et de mercure sont réduits par lui. L'hydrate de cuivre n'est que lentement réduit, même à chaud. En présence des alcalis, cependant, il se forme un liquide bleu, et à chaud il se précipite de l'oxyde cuivreux.

#### ACTION DES ALCALIS ET DES BASES

La saccharose se combine avec les alcalis en formant des sucrates que l'on peut écrire  $MO C^{12}H^{14}O^{11}$ .

Le *sucrate de potasse*  $KOC^{12}H^{14}O^{11}$  s'obtient en versant une dissolution

concentrée de potasse dans une solution alcoolique de sucre. La liqueur laisse déposer une matière visqueuse que quelques broyages avec l'alcool rendent encore plus consistante. Cette combinaison est peu stable. L'acide carbonique contenu dans l'air suffit pour l'altérer; elle ne se dissout pas dans l'alcool pur; au contraire, l'alcool saturé de sucre ou l'eau ordinaire la dissolvent facilement.

Le *sucrate de soude*  $\text{NaOC}^{12}\text{H}^{11}\text{O}^{11}$  se prépare comme le précédent et présente les mêmes propriétés.

Le *sucrate de baryte*  $\text{BaOC}^{12}\text{H}^{11}\text{O}^{11}$  cristallise en lamelles nacrées et se prépare directement en unissant le sucre à la baryte; il se dissout difficilement dans l'eau froide. Il bleuit le tournesol rougi et possède une saveur caustique. Les acides les plus faibles décomposent ce sel très rapidement. Aussi est-il nécessaire de le laver avec de l'eau distillée bouillie et de le dessécher à l'abri du contact de l'air.

Le *sucrate de chaux*  $\text{CaOC}^{12}\text{H}^{11}\text{O}^{11}$ , de beaucoup le plus important, se prépare comme le sucrate de baryte.

Il est moins soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Une solution de sucrate de chaux portée à l'ébullition se coagule comme l'albumine. Le précipité se redissout au fur et à mesure que la liqueur se refroidit.

M. Péligot, reprenant l'étude de ce curieux phénomène, a constaté que le saccharate de chaux qui se précipite ainsi par l'action de la chaleur n'a pas la composition ni les propriétés de celui ou de ceux qui existent en dissolution dans le liquide. Ce savant est parvenu à isoler le premier de ces corps en le séparant par filtration de la liqueur maintenue bouillante.

A l'état de pureté, ce saccharate  $\text{C}^{12}\text{H}^{11}\text{O}^{11}3\text{CaO}$  est presque insoluble dans l'eau soit à froid soit à chaud. Lorsqu'on expose une solution de saccharate de chaux à une basse température dans un air contenant de l'acide carbonique, elle se décompose et donne naissance à des cristaux de carbonate de chaux hydraté.

La quantité de chaux qui se dissout dans l'eau sucrée dépend de la densité de celle-ci.

A mesure que le dissolvant se trouve en moins grande quantité par rapport au corps dissous, la chaux dissoute augmente en même temps que la dissolution du liquide sucré.

Le tableau suivant indique les rapports entre la composition et la densité du liquide sucré, sa densité après la saturation et les quantités de chaux et de sucre que fournissent 100 parties de résidu desséché à 120°.

*Solubilité de la chaux dans les liqueurs sucrées.*

SUCRE dans 100 parties d'eau	DENSITÉ du sirop	DENSITÉ après saturation	100 parties de résidu séché à 120 degrés contiennent	
—	—	—	chaux	sucres
40	1,122	1,179	21	79,0
35	1,110	1,166	20,5	79,5
30	1,096	1,148	20,1	79,9
25	1,082	1,128	19,8	80,2
20	1,068	1,104	18,8	81,2
15	1,052	1,080	18,5	81,5
10	1,036	1,053	18,1	81,9
5	1,018	1,026	15,3	84,7

La mannite et la glycérine se comportent avec la chaux comme le sucre normal.

Le tableau suivant indique, d'après M. Berthelot, le poids du sucre contenu dans une quantité connue d'eau, le poids de chaux contenu dans cette dissolution saturée de chaux et le rapport entre la chaux et le sucre.

POIDS DU SUCRE contenu dans 100 <sup>cc</sup> de la dissolution	POIDS DE LA CHAUX contenu dans 100 <sup>cc</sup> du liquide précédent saturé de chaux	RAPPORT entre la chaux et le sucre	
		chaux	sucres
4,850	1,031	17,5	82,5
2,401	0,484	16,8	83,2
2,000	0,433	17,8	82,2
1,660	0,364	18,0	82,0
1,386	0,326	19,0	81,0
1,200	0,316	20,8	79,2
1,058	0,284	21,0	79,0
0,960	0,264	21,6	78,4
0,400	0,194	32,7	67,4
0,191	0,172	47,4	52,6
0,096	0,154	61,6	38,4
0,000	0,148	"	"

### COMBINAISONS MÉTALLIQUES DE LA SACCHAROSE

Le cuivre se dissout lentement dans l'eau sucrée au contact de l'air. Le carbonate de cuivre se dissout facilement dans le sirop de sucre.

D'autre part, une solution concentrée de sucre et de sulfate de cuivre laisse déposer pendant le repos un précipité blanc bleuâtre.

### SUCRATES DE PLOMB

Le plomb métallique se dissout au contact de l'air dans l'eau sucrée.

Le sucrate *bibasique* se forme lorsque l'on fait bouillir de la litharge avec de l'eau sucrée ou lorsque l'on précipite par une solution sucrée l'acétate neutre de plomb additionné d'ammoniaque. Le précipité est insoluble dans l'eau froide et dans l'alcool, mais soluble dans l'eau bouillante.

Le sucrate de plomb *tribasique* se produit lorsque l'on ajoute à froid ou à chaud de la potasse ou de la soude à un mélange de sucre et d'acétate neutre de plomb. Le précipité blanc est insoluble dans l'eau froide; peu soluble dans l'eau bouillante.

### COMBINAISONS DE LA SACCHAROSE AVEC LES SELS

Le sucre normal se combine avec le sel marin et forme un composé qui a pour formule  $\text{NaCl}(\text{C}^{12}\text{H}^{20}\text{O}^9)^2\cdot 3\text{HO}$ . Cette combinaison est déliquescence et s'obtient en laissant évaporer spontanément une liqueur qui contient une partie de sel et quatre parties de sucre.

Bien que le sucre combiné avec le sel marin soit encore du sucre cristallisable, il peut être perdu pour le fabricant, parce que le produit déliquescence qui résulte de leur combinaison passe dans les mélasses.

Nous verrons plus loin combien les recherches pour extraire le sucre des mélasses ont été nombreuses. Nous verrons également qu'elles ont été suivies de succès dans ces dernières années.

Le chlorure de potassium et le chlorhydrate d'ammoniaque se combinent également avec le sucre.

Le sucre exposé avec des chlorures terreux à une température de 100° est transformé en glucose. Opérées en vase clos, ces réactions, pour se développer, exigent une trace d'eau.

Tous les sels de cuivre sont réduits par le sucre quand on les porte à l'ébullition.

Le bichlorure de mercure est ramené à l'état de protochlorure.

Les sucates terreux peuvent se combiner avec les sucates métalliques. Nous citerons comme exemple le *sucate double de cuivre et de chaux*, qui, par l'ébullition dans l'eau, laisse déposer du protoxyde de cuivre.

Le phosphate de chaux est soluble dans une dissolution de sucate de chaux.

Le tableau suivant indique quelle est la solubilité de différents sels dans des solutions de sucre plus ou moins concentrées.

Les nombres des diverses colonnes donnent les quantités en grammes dissoutes dans un litre de solution sucrée.

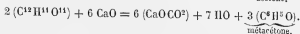
Un litre de solution sucrée contenant :

SELS	0 DE SUCRE	5 p. 100 de sucre	10 p. 100 de sucre	15 p. 100 de sucre
Sulfate de chaux . . . . .	2,095	1,946	1,734	1,593
Carbonate de chaux . . . . .	0,027	0,036	0,028	0,024
Oxalate de chaux . . . . .	0,033	0,047	0,029	0,012
Phosphate tribasique de chaux. .	0,029	0,028	0,010	0,014
Carbonate de magnésie . . . . .	0,317	0,199	0,193	0,194

### ACTION DE LA CHAUX ET DE LA POTASSE A HAUTE TEMPÉRATURE SUR LE SUCRE NORMAL

M. Fremy a montré que si l'on distille dans une cornue de grès un mélange formé de 1 partie de sucre et 8 parties de chaux vive, on trouve dans les produits de distillation, de l'acétone  $C^6H^6O^2$  et une substance huileuse insoluble dans l'eau qu'il a nommée *métacétone*.

La production de ces deux corps dans la réaction de la chaux sur le sucre peut être représentée par les deux formules suivantes :



La *métacétone* est incolore, d'une odeur aromatique et éthérée; à peine soluble dans l'eau, elle se dissout dans l'alcool et l'éther; elle bout à 84 degrés.

Sous les influences oxydantes et principalement par l'action d'un mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potasse, la *métacétone* se transforme en acide *métacétonique*  $C^6H^8O^3$ .

Cet acide qui porte aussi le nom d'*acide métacétique* ou d'*acide propionique* se présente sous l'aspect de lamelles cristallines lorsqu'il est anhydre. Son odeur est caractéristique et piquante. Chauffé, il entre en fusion et bout vers 140 degrés. Il est soluble dans l'eau.

Les *métacétonates*  $\text{MO}, \text{C}^6\text{H}^5\text{O}^3$  sont solubles dans l'eau et presque tous cristallisables.

Si l'on chauffe un mélange formé de 3 parties de potasse et 1 partie de sucre, il se produit de l'acétate, du formiate et du métacétonate de potasse. En traitant le produit de la réaction par l'acide sulfurique, il se dégage un mélange d'acides acétique, formique et métacétonique. On décompose l'acide formique au moyen de l'oxyde de mercure, qui le convertit en acide carbonique. On sature ensuite les deux acides acétique et métacétonique par le carbonate de soude. Il se forme de l'acétate de soude qui cristallise facilement, tandis que le métacétonate de soude reste dans les eaux mères. Ce dernier sel décomposé par l'acide sulfurique donne l'acide métacétonique.

---

## CHAPITRE II

### SUCRE DE CANNE

#### NOTIONS GÉNÉRALES

La canne à sucre (*saccharum officinarum*) est une graminée qui croît partout aisément dans les régions tropicales, dans les terrains humides et souvent à une altitude de 1.000 mètres et plus. C'est ainsi que dans les montagnes de Caudina Masca, au Mexique, la canne est cultivée avec succès à une hauteur de 1.800 mètres au-dessus du niveau de la mer. La quantité de sucre est d'autant plus grande dans la canne qu'elle croît dans une région plus méridionale et dans des terrains qui ne sont pas trop humides.

MM. de Humboldt et Bonpland ont les premiers décrit la canne à sucre violette (*saccharum violaceum*) dont le chaume et les feuilles ont cette couleur. Elle a été apportée de Batavia en 1872. Sa floraison s'opère un mois avant celle des autres espèces. Cette canne renferme un sucre d'une teinte violette, qui est le plus souvent employé à la fabrication du rhum.

La canne à sucre se propage également bien par semis et par bouture. Dans les colonies du Nouveau-Monde, la canne à sucre fleurit, il est vrai, mais elle y *flèche*, c'est-à-dire que sa tige s'allonge et que les germes avortent. Aussi ne peut-on la multiplier que par bouture.

C'est par le repiquage de boutures et surtout par les rejetons qui poussent quand on a coupé la maîtresse tige que les champs de cannes peuvent être réorganisés.

Dans un état complet de maturité, la canne est pesante, très lisse, cassante, et, suivant la variété, d'un jaune violacé ou blanchâtre.

Un hectare de cannes bien cultivé et qui n'a pas souffert des agents atmosphériques ni des attaques de divers animaux, peut donner de 40.000 à 60.000 kilogrammes de tiges.

Les produits en sucre d'un hectare variables selon les terrains et les saisons, sont en moyenne représentés par les nombres suivants :

Martinique . . . . .	2.000 à 2.500 kilogrammes.
Guadeloupe. . . . .	2.400 à 3 000 —
Réunion . . . . .	4.000 à 5.000 —
Brésil . . . . .	6.000 à 7.500 —

## HISTORIQUE

Marin Sanuto nous apprend qu'au XIV<sup>e</sup> siècle cette plante était cultivée à Rhodes, en Morée et à Malte. Il faut ajouter à cette énumération l'île de Candie, autre possession vénitienne. Un décret de la République rendu en 1334 autorise l'importation du sucre à Venise moyennant un droit de 5 p. 100. Un marchand florentin du XV<sup>e</sup> siècle, Utziano, nous montre les sucres d'Europe en concurrence avec ceux de l'Orient sur les marchés italiens.

Parmi les sucres dits *de pilon*, on distinguait le moukka d'Alexandrie, très blanc et très compact, qui venait peu en Europe, étant retenu par la cour du soudan, au Caire.

Le goût du sucre était général en Italie aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles. Un rapport présenté au Sénat en 1421 par le doge Thomas Mocenigo expose les opérations de ventes faites dans la haute Italie, qui achetait à elle seule plus de 7.000 quintaux de sucre.

En France, il est fait mention de sucre blanc dans un compte de l'an 1333 pour la maison du dauphin. Il en est aussi question dans une ordonnance de 1311 1333 du roi Jean. Le poète E. Deschamps, mort en 1420, se plaint que le sucre soit une des plus fortes dépenses d'un ménage aisé. Mais pendant tout le XV<sup>e</sup> siècle le sucre est encore une rareté. Mathieu de Coucy nous raconte qu'en 1447, le Soudan d'Égypte, à qui Charles VII avait envoyé un ambassadeur, répondit en adressant au roi français un présent comprenant entre autres choses un quintal de sucre fin.

Mais au XVI<sup>e</sup> siècle la consommation se développe beaucoup. Le sucre arrive d'Espagne, d'Alexandrie, de Malte, de Chypre et de Candie.

Les découvertes maritimes des Portugais et des Espagnols allaient transformer le monde; le courant commercial se déplaçait et les Européens allaient succéder aux Arabes dans le rôle de propagateurs de la canne à sucre.

En 1420, le prince Henri de Portugal introduit cette plante à Madère et elle y réussit très bien. De là elle passe à l'île de San-Thomé, où les Portugais comptaient plus de soixante fabriques de sucre en 1520.

Pendant longtemps Madère et les Canaries eurent le privilège de fournir de sucre toute l'Europe. La France s'y approvisionnait exclusivement pendant le XVII<sup>e</sup> siècle. Il en arrivait aussi beaucoup de l'Inde. Mais ni l'Inde, ni les petits archipels africains ne pouvaient suffire à la demande croissante de cette denrée, devenue un besoin. On introduisit alors l'exploitation de la canne à sucre dans le Nouveau-Monde.

La canne à sucre, apportée par les Français en 1644 à la Guadeloupe, en 1659 à la Martinique, en 1631 à la Louisiane, n'a cessé d'y prospérer.

Les plantations de canne s'échelonnèrent ensuite sur le littoral du Brésil, et dès le commencement du XVIII<sup>e</sup> siècle l'importation du sucre à Lisbonne s'élevait à 16 millions de kilogrammes.

C'est du Brésil que les planteurs anglais tirèrent la canne pour la naturaliser d'abord à la Barbade et à Saint-Christophe, puis à la Jamaïque.

En 1700, l'Angleterre consommait 11.000 tonnes; en 1734, 47.000; en 1783, 90.000, fournies par ses colonies.



Depuis, la consommation du sucre n'a fait que s'accroître dans des proportions immenses, mais grâce, nous le verrons, à l'invention du sucre de betterave.

### COMPOSITION DE LA CANNE A SUCRE

La canne fraîche de la Guadeloupe présente la composition suivante :

Eau. . . . .	72,0
Sucre. . . . .	17,8
Cellulose . . . . .	9,8
Sels. . . . .	0,4
	<hr/> 100,0

La canne de Cuba est un peu moins riche en sucre :

Eau. . . . .	77,8
Sucre. . . . .	16,2
Matière ligneuse . . . . .	6,0
	<hr/> 100,0

D'après Payen, la composition immédiate des cannes d'Otaïti à l'état de maturité est représentée par les nombres suivants :

Eau. . . . .	71,04
Sucre . . . . .	18,00
Cellulose, matière ligneuse, pectine . . . . .	9,56
Albumine et matières azotées . . . . .	0,55
Cérosie, matière verte, substance colorante jaune, substances grasses, résineuses, huile essentielle, matière aromatique . . . . .	0,37
Sels divers insolubles . . . . .	0,12
Sels divers solubles . . . . .	0,16
Silice. . . . .	0,20
	<hr/> 100,00

Les analyses récentes faites sur des cannes provenant de Madras ne font que confirmer ces chiffres.

La composition moyenne du jus ou *vesou* extrait de la canne est la suivante :

Sucre. . . . .	20,90
Eau. . . . .	77,17
Sels minéraux . . . . .	1,70
Produits organiques . . . . .	0,23
	<hr/> 100,00

La matière saline se trouve en plus forte proportion dans la tête de la canne que dans toute autre partie.

L'analyse suivante peut être considérée comme résumant les proportions dans lesquelles on trouve les substances qu'il importe le plus de déterminer :

Potasse et soude . . . . .	18,83
Chaux. . . . .	8,34
Oxyde de fer. . . . .	1,99
Silice . . . . .	11,48
Alumine, magnésie, etc. . . . .	59,36
	<hr/> 100,00

Nous verrons plus loin que la richesse du jus de la canne comparée à celle du jus de la betterave explique la supériorité que les pays méridionaux devraient conserver sur les contrées septentrionales pour la production du sucre, si le développement industriel y était, non pas égal, mais quelque peu comparable. Malheureusement, il est loin d'en être ainsi, et les richesses naturelles aux pays tropicaux semblent, par l'effet d'une loi naturelle spéciale, devoir appartenir à des populations dénuées d'énergie et d'activité.

Quant à la nature et à la quantité de la matière saccharine que contient la canne, voici les résultats auxquels de nombreuses expériences ont conduit :

1° Lorsque la canne, quelle que soit l'espèce à laquelle elle appartient, est parvenue à une maturité parfaite, elle contient presque uniquement du sucre cristallisable prismatique dans toute cette portion désignée sous le nom de corps de la canne. La quantité de sucre interverti que donne alors le jus de la canne est toujours très faible et dépasse rarement les  $\frac{4}{1000}$  du poids du *vesou* ou le  $\frac{1}{50}$  de celui du sucre prismatique.

2° Si au lieu d'examiner le corps de la canne, on agit sur cette portion encore enveloppée de feuilles vertes et soustraite à l'action des rayons solaires, on trouve dans le jus qui en est extrait une quantité considérable de sucre incristallisable qui peut être évaluée pour des cannes mûres au  $\frac{1}{6}$  du poids du sucre cristallisable et pour des cannes non encore arrivées au terme de leur développement au  $\frac{1}{3}$  du même poids.

La proportion du sucre incristallisable dans la tête ou sommité de la canne, de même que dans le corps, augmente à mesure qu'on s'éloigne de la partie inférieure.

Cette portion de la tête de la canne, dont l'écorce est très tendre et non colorée reste aussi longtemps qu'elle échappe à l'action du soleil, le siège principal du sucre liquide renfermé dans la plante. Mais aussitôt que les feuilles se dessèchent et la mettent à découvert elle commence à prendre extérieurement une couleur de plus en plus foncée; en même temps le sucre incristallisable disparaît peu à peu de ces tissus pour faire place au sucre proprement dit ou sucre cristallisable.

3° L'âge de la canne ne paraît être qu'une cause indirecte du phénomène que nous venons de signaler. D'une manière générale, on peut dire cependant que la canne renferme d'autant plus de sucre incristallisable qu'elle est plus jeune.

4° La végétation activée ou ralentie exerce une influence aussi grande que celle de la lumière solaire.

Des cannes arrivées à maturité et ne contenant pas trace de lévulose dans la partie médiane de leur longueur se chargent très rapidement d'une forte quantité de cette substance lorsqu'on vient à les remettre en pleine végétation, et cet état se maintient aussi longtemps que leurs feuilles vertes et largement étalées tendent à se renouveler activement. On peut reconnaître alors que le jus est richement pourvu de sucre incristallisable, principalement dans les tissus nouvellement formés et par suite moins exposés à la lumière.

## FABRICATION DU SUCRE DE CANNE

## TRANSPORT

La question des transports est une de celles qui jouent le rôle le plus considérable dans le prix de revient de la plupart des produits agricoles, même aux colonies. Aussi, dans ces pays où le plus souvent il est impossible de songer à l'établissement d'un véritable chemin de fer pour relier les plantations aux fabriques de sucre, a-t-on depuis un certain nombre d'années adopté avec empressement de petites voies ferrées portatives facilement démontables que le premier promoteur de ce système de transport, M. Corbin, avait dénommé *porteur universel*.

L'emploi des moteurs à vapeur suppose de bonnes routes; il suppose encore une distance d'au moins quelques kilomètres. Le système Corbin n'utilise que le bras de l'homme, ou la traction par animaux. Avec ce mode de transport dont la figure 1 peut donner une idée générale, on peut passer à travers champs sur toutes espèces de terrains, même les plus détrempés, et le système convient aussi bien pour les plus courtes distances que pour des trajets considérables.

Le système comporte deux parties : la voie portative et le porteur proprement dit.

La voie se compose d'une série d'échelles ou traverses en bois ou en fer que l'on pose à plat à la suite les unes des autres et que l'on réunit au moyen de chevilles. L'ensemble de cette voie est suffisamment flexible et élastique pour se prêter à toutes les sinuosités du sol (fig. 1).

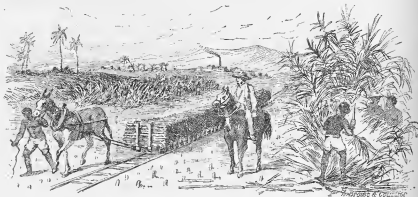


Fig. 1.

Pour arriver à faire circuler sur cette voie légère les charges les plus considérables sans la détériorer ni l'enfoncer dans le sol, l'inventeur a eu l'idée de répartir les charges à traîner sur une série de plateaux roulants, articulés les uns aux autres et dont l'ensemble constitue le porteur. Les plates-formes sont disposées pour recevoir les produits à transporter.

On peut on le voit, avec ce système, établir très rapidement sur n'importe

quel terrain, un véritable chemin de fer excessivement économique que l'on démonte aussi facilement et aussi rapidement que l'on veut.

Très développé dans ces dernières années par M. Decauville, ce système rend les plus grands services pour le transport de la canne aux colonies, et même pour celui de la betterave sur le continent européen.

#### EXTRACTION DU SUCRE DE CANNE

Pour extraire le sucre de la canne, on commence d'abord par comprimer la canne de façon à séparer le jus sucré des matières ligneuses.

Les premières machines employées pour exprimer le sucre des cannes étaient des moulins semblables à ceux qui servent à écraser les pommes pour faire le cidre. Le travail de cette machine était bien loin de suffire à l'activité qu'il est urgent d'apporter dans une sucrerie pour éviter les fermentations et les décompositions. Aussi depuis longtemps lui a-t-on universellement substitué les machines à cylindres.

Ce fut Gonzalès de Veloza qui le premier construisit un moulin à cylindres verticaux, et l'on en a longtemps fait usage (fig. 2).

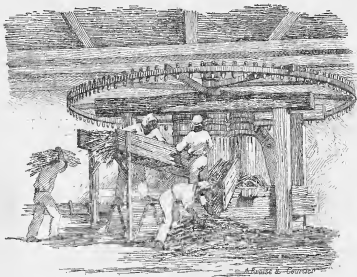


Fig. 2.

La force motrice était autrefois exclusivement fournie par un cours d'eau, par le vent ou par des bêtes de trait. Depuis, on a introduit l'usage de la vapeur qui tend à se généraliser de plus en plus.

Aujourd'hui, on ne se sert presque partout pour broyer la canne que de moulins à cylindres horizontaux avec lesquels il est plus facile d'obtenir une pression considérable et de ne pas laisser dans les *bagasses* une quantité de jus notable.

## MOULINS A CANNES

Les moulins destinés à broyer les cannes à sucre se composent maintenant de trois cylindres ou *rools* en fonte disposés pour que les cannes soient pressées deux fois entre les génératrices des cylindres.

Les plus grands appareils de ce genre construits actuellement peuvent arriver à broyer 400.000 kilogrammes de cannes en 24 heures. Les cylindres de ces grands appareils ont une longueur de 2<sup>m</sup>,200 sur un diamètre égal à 0<sup>m</sup>,950.

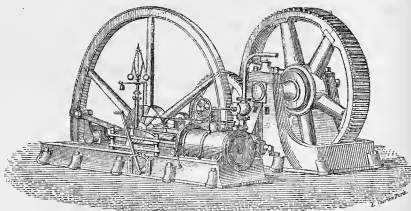


Fig. 3.

La machine motrice peut développer 80 chevaux.

La course du piston moteur est égale à 1<sup>m</sup>,250, son diamètre est 0<sup>m</sup>,650. Généralement horizontale avec changement de marche à vis par coulisse, elle est à détente fixe (fig. 3).

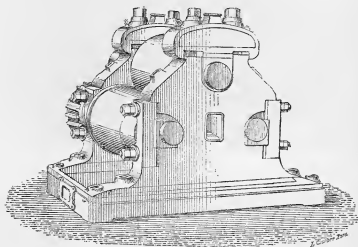


Fig. 4.

Après avoir été entraînées entre les génératrices du premier cylindre supé-

rieur, les cannes déjà broyées sont dirigées au moyen d'une pièce appelée *bagassière* entre le second cylindre inférieur et le cylindre supérieur, de façon à produire une seconde extraction du jus. Le résidu de la canne ainsi broyée et dont le jus a été extrait sort de l'appareil, c'est de la *bagasse*. Le jus ou *vesou* tombe dans un bassin sous les cylindres pour être envoyé à la sucrerie.

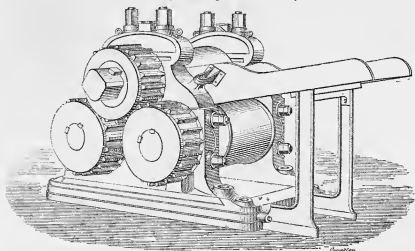


Fig. 5.

Dans certains pays la bagasse est reprise et repassée une deuxième et une troisième fois dans le même moulin pour en extraire encore une certaine quantité de jus. Cette manière d'opérer ne se pratique guère que dans les petites usines par suite de la main-d'œuvre que nécessite ce maniement répété de la canne. Pour ces installations on peut employer les moulins simples construits par MM. Lecoinge et Villette (fig. 4 et 5).

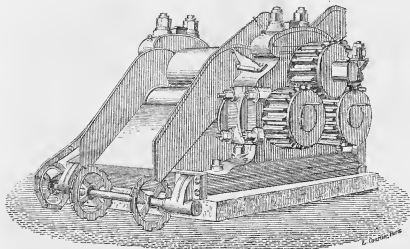


Fig. 6.

Dans les installations plus importantes, on ajoute aux moulins des conducteurs de cannes et de bagasse qui sont mus par les arbres du moulin, comme on le voit figures 6 et 7.

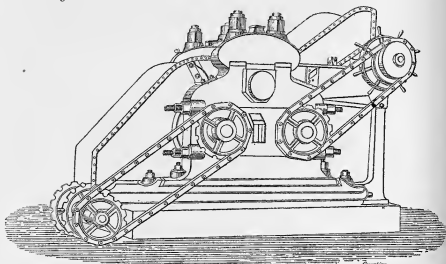


Fig. 7.

Dans certaines installations, on peut établir deux moulins qui se suivent pour faire la repression. La bagasse sortant du premier moulin est amenée au second par un conducteur de bagasse. On peut, dans le parcours entre ces deux moulins, arroser d'eau chaude la bagasse pour faciliter l'extraction par une imbibition qui permet d'extraire plus complètement le sucre contenu dans la bagasse sortant du premier moulin.

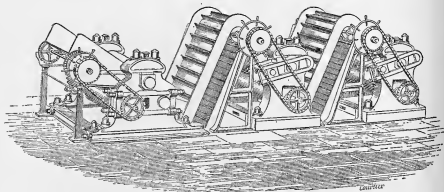


Fig. 8.

Pour obtenir ce même résultat d'épuisement on emploie aussi des couples presseurs du système Rousselot que l'on ajoute à la suite du moulin à trois cylindres. Entre ces divers passages on arrose la bagasse avec de l'eau chaude.

Ces couples presseurs sont composés chacun de deux cylindres presseurs et

d'un cylindre alimenteur. Chaque couple presseur forme ainsi une extraction séparée et distincte; chacun est alimenté par un distributeur de bagasse muni d'un embrayage placé sous la main de l'ouvrier, de manière à régler à volonté l'arrivée de la bagasse. La figure 8 montre l'ensemble et le fonctionnement de tout le système (fig. 8).

Les cannes sont écrasées et pressées une première fois dans un moulin ordinaire à trois cylindres. Après cette première opération, la bagasse sortant du moulin est arrosée d'eau chaude et remontée par le distributeur pour arriver entre le premier couple presseur où se fait la seconde pression. La même opération se pratique entre le premier couple presseur et le second sous lequel s'opère la troisième pression de la canne après que l'on a comme précédemment arrosé la bagasse d'une certaine quantité d'eau chaude.

Au moyen de ces trois pressions successives, on peut estimer à 15 p. 100 la quantité supplémentaire de jus obtenu.

#### DÉFIBREUR DE CANNES LABROUSSE

Malgré les perfectionnements que nous venons d'indiquer, on obtient un rendement qui ne dépasse pas 70 p. 100 de jus utile. La canne à sucre est un corps fort dur, principalement à la surface et aux nœuds, c'est-à-dire dans les parties précisément où se trouvent concentrés les principes sucrés. Le système d'écrasement sous des laminoirs présente le défaut grave de ne pas décortiquer le tissu ligneux et de ne pouvoir exercer que des pressions limitées.

Au moyen du défibreur que nous allons décrire, la canne est d'abord réduite en une sorte de pâte, et cette pâte est ensuite soumise à la pression énergique et variable d'intensité d'une presse hydraulique à piston différentiel.

Le défibreur *Labrousse* comprend essentiellement un arbre ayant environ 0<sup>m</sup>,200 de diamètre et 2 mètres de long qui porte calés sur lui et dans toute sa longueur un grand nombre de dents à trois branches. Chacune de ces dents qui peut être en fonte, en fer ou en acier forme un déchireur puissant. Les dents sont rangées en hélice le long de l'arbre, de manière que le calage de l'une retarde sur l'autre d'un angle déterminé par l'expérience. L'ensemble de toutes ces dents forme les différents éléments de trois surfaces hélicoïdales de l'ordre des vis.

Cet arbre garni de lames, tourne dans une enveloppe en fonte, sur les parois de laquelle se trouvent fixés des peignes composés de lames semblables entre elles et en nombre égal au nombre des lames de l'arbre. A la gauche de l'appareil où entreront les cannes il y a trois peignes placés à 90 degrés l'un de l'autre; à la droite par où sortira la canne broyée se trouvent quatre peignes placés aux deux extrémités de diamètres perpendiculaires entre eux. Les peignes de gauche sont fixes. Les peignes de droite forment chacun un élément mobile susceptible de se rapprocher de l'axe principal de la machine, de façon à diminuer à volonté l'espace compris entre les lames et les peignes pour obtenir un broyage plus ou moins complet de la canne.

A la partie supérieure, à gauche de l'appareil, se trouve une trémie où la canne entre sans difficulté. Elle y arrive par un petit canal dans lequel un distributeur commandé par la machine la laisse descendre brin à brin. La canne



tombe dans la trémie et un simple taquet sur lequel elle bascule, la met en prise avec l'une des surfaces hélicoïdales formée par l'arête des lames de l'arbre. La canne arrive pétrie, à l'état de magma sucré pour tomber dans la presse à sa sortie de l'appareil.

#### PRESSE HYDRAULIQUE A PISTON DIFFÉRENTIEL

L'expérience montre que pour réaliser l'extraction des jus sucrés, même du résidu obtenu avec le défibreur, il faut atteindre et même dépasser des pressions voisines de 80 atmosphères. Mais ce travail énergique n'a besoin d'être obtenu que pour une course très petite, l'écoulement des jus se faisant en grande partie à des pressions relativement petites.

La presse agit dans une cuve filtrante formée de barreaux trapézoïdaux cerclés et destinés au pressage de la matière produite par le défibreur. Cette presse comprend trois caisses filtrantes pouvant tourner autour d'un axe pour venir successivement se placer sous la presse.

Pendant qu'une caisse s'emplit de matière provenant du défibreur, une deuxième est en pression et la troisième en vidange.

Les tableaux qui suivent résument les résultats obtenus avec ces appareils dans une usine de la Guadeloupe.

#### RENDEMENT DU DÉFIBREUR

POIDS DES CANNES défibrées	DURÉE DE L'OPÉRATION en minutes	RENDEMENT en 24 heures	NOMBRE DE TOURS du défibreur
— kil.	—	— kil.	—
100	5	29.000	30
100	4	36.000	30
200	7	41.000	30
1.200	30	57.000	40
400	11	52.000	35
600	14	60.000	40

#### RENDEMENT DE LA PRESSE

POIDS DES CANNES pressées	DURÉE DE LA PRESSION en minutes	POIDS du vesou	DENSITÉ du vesou
—	—	—	—
100	6	70	40
100	6	73	40
300	12 à 15	227	7,50
150	"	115	10
200	"	154	8

La presse hydraulique porte deux pistons de différents diamètres. Le plus petit donne une pression effective de 12 atmosphères. Il agit pendant la presque totalité de la compression, puis vient ensuite ajouter son action à celle du piston de grand diamètre. Leurs efforts réunis produisent une pression de 80 atmosphères.

La canne défibrée et soumise à cette pression peut donner ainsi 77 p. 100 de son poids en jus sucré très riche.

## ÉCOULEMENT DU VESOU

Dans les districts de Demerara, de Surinam, de Cayenne et dans tous ceux de la Trinité, où l'on emploie les moulins, on adapte à cet appareil une pompe que le cylindre supérieur met en mouvement. Le liquide coule du récipient dans la citerne où plonge la pompe, et celle-ci l'envoie aux chaudières de clarification.

Les pompes dont on fait usage ont toutes leurs conduits en cuivre et fonctionnent très lentement. Il est bien important que leur force réponde à la quantité de jus à élever, car ou le travail languirait, ou le jus foulé trop rapidement dans les tuyaux, frotté et battu par l'air, arriverait fermenté dans le réservoir.

## RENDEMENT DES MOULINS

Nous venons de voir qu'avec le défibreux Labrousse on peut atteindre un rendement en jus égal à 77 p. 100; les moulins ne permettent pas d'arriver à un si bon résultat.

Les moulins hydrauliques donnent. . . . .	61,8 p. 100
Ceux à cylindres horizontaux . . . . .	61,2 —
Les moulins à vapeur . . . . .	60,9 —
Ceux à vent . . . . .	59,3 —
Les moulins à cylindres verticaux. . . . .	52,2 —
Les moulins à bêtes . . . . .	58,5 —

Les circonstances dans lesquelles ces résultats ont été obtenus sont celles ordinaires de la fabrication. La différence que l'on remarque vient du plus ou moins de pression produite.

Le jus obtenu se compose de deux parties, l'une solide, l'autre liquide. Il est important de les séparer immédiatement, sans quoi la partie solide développerait la fermentation de la partie liquide et cela au détriment du principe sucré qu'elle contient. Le repos et le filtrage sont les deux moyens que l'on emploie, et des deux il est important de choisir le plus expéditif.

Le vesou sortant du moulin entraîne toujours des fragments de canne et de bagasse divisée; louche et trouble, sa filtration au papier est impossible. Le tamisage est indispensable et les débris sont rejetés sur les chaînes d'imbibition.

Généralement le tamisage est opéré par l'écoulement du jus sur des tôles perforées à orifices plus ou moins grands, disposées sous forme de cadre autour du bac d'attente du vesou.

La partie solide contient des débris de canne, une fécule verte, de l'acide malique, de la gomme et des sucres cristallisables et incristallisables.

Au sortir des cylindres, le vesou est trouble, d'un gris verdâtre; une couche de mousse épaisse le recouvre, sa saveur est douce, sucrée, et son arôme est agréable.

Sa pesanteur spécifique est de 1,033 à 1,106 selon les conditions dans lesquelles a été plantée la canne. En effet la richesse saccharine varie avec la nature du sol, la culture, la saison et l'espèce de la plante; une fois le jus

séparé de sa fécule verte et de ses parties glutineuses il est encore sujet à fermentation; mais alors c'est une fermentation alcoolique. Le jus coule du moulin par une gouttière en bois doublée de plomb, et se rend dans la sucrerie où de vastes bassins ou chaudières le reçoivent.

### EXTRACTION DU SUCRE DE CANNE PAR DIFFUSION

Dans le procédé par diffusion sur lequel nous aurons à revenir longuement à propos de la betterave, le jus est extrait des cellules non déchirées, par de l'eau, grâce à une application rationnelle des phénomènes d'endosmose et d'exosmose.

D'après M. Karup, la diffusion donne 88 parties des 90 p. 100 de jus que contient la canne.

Les morceaux des cannes épuisées se séchent facilement au soleil, et peuvent servir comme la bagasse à alimenter les foyers de générateurs de vapeur.

Les avantages de ce procédé sont les suivants :

1° La force nécessaire pour couper toutes les cannes est moindre que celle exigée par le râpage et la presse;

2° La diffusion de la canne fournit un jus plus pur que celui des moulins;

3° La diffusion fournit une quantité de jus plus forte de 20 p. 100 que celle obtenue par l'emploi des moulins;

4° La canne ne contenant que très peu de pectose, on peut augmenter sans inconvénient la température de l'extraction.

Les cossettes épuisées, à leur sortie des diffuseuses, présentent la composition moyenne suivante :

	HUMIDES	SÈCHES
Matières minérales. . . . .	0,33	2,33
Fibres et cellulose . . . . .	11,17	77,14
Sucre . . . . .	0,413	2,85
Glucose . . . . .	0,076	0,526
Gomme, Albuminoïdes . . . . .	0,246	1,698
Cendres . . . . .	0,065	0,456
Eau . . . . .	86,700	15,000

Quel que soit le mode employé pour l'extraction du jus, ce dernier est soumis ensuite à une épuration qui prend le nom de *défécation*.

### DÉFÉCATION

Le jus, après s'être débarrassé par le tamisage et le repos des débris ligneux est envoyé aux chaudières de *défécation*.

Les chaudières, autrefois au nombre de cinq, formaient ce que l'on appelle un *équipage*.

Les chaudières ont un fond hémisphérique extérieur en fonte et un fond intérieur de même forme en cuivre, laissant entre les deux un espace dans lequel on amène la vapeur pour chauffer le jus, à la pression des générateurs. La calandre supérieure cylindrique est en cuivre; le fond extérieur porte des pattes

venues de fonte, servant à poser l'appareil sur une charpente à une certaine élévation du sol de l'usine.

La figure 9 représente la disposition des tuyaux, gouttières et accessoires servant à amener le jus, l'eau et la vapeur, et à évacuer les jus déféqués, les écumes, les eaux de condensation de la vapeur et les eaux de lavage des chaudières.

On voit sur la droite la soupape de prise de vapeur avec sa tige et son guide. Au fond de la chaudière se trouve un robinet à deux eaux en bronze disposé

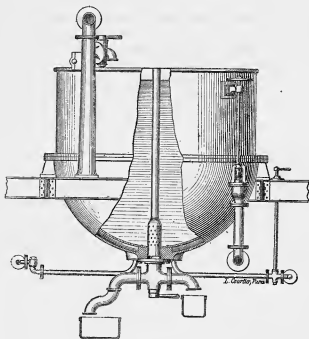


Fig. 9.

pour recevoir des coudes en cuivre servant à vider les jus clairs, les jus troubles et les eaux de lavage. Un tuyau en cuivre perforé, situé au centre, sert à empêcher le mélange du jus clair avec les écumes, lorsqu'on écoule le jus clair. Quand il ne reste que des écumes à vider, on enlève ce tuyau formant tampon.

La première des cinq chaudières, nommée *la grande*, qui est la plus éloignée du feu, sert à la défécation qui se fait avec 0,3 p. 100 de chaux.

Dès que le moulin a fourni au clarifieur assez de jus frais pour remplir sa chaudière, le feu est allumé, et l'on ajoute le *temper* qui est la dose de chaux délayée avec soin dans un peu de jus.

La chaux neutralise les acide malique et autres et forme avec l'albumine un précipité volumineux apparaissant sous forme d'une couche épaisse et verte à la surface. Il faut éviter d'employer une trop forte proportion de

chaux, en raison de l'action de cette substance sur la glucose qui se trouve en plus ou moins grande quantité dans tous les vesous.

A mesure que la liqueur s'échauffe dans la chaudière l'écume formée monte à la surface; on pousse graduellement le feu jusqu'à ce que la température approche du point d'ébullition qu'il ne faut cependant pas atteindre. On juge que la chaleur est suffisante, quand l'écume s'élève et forme des flocons, qui, en se déchirant, donne naissance à une matière blanchâtre. Ce phénomène se produit environ après 40 minutes de chauffage.

On enlève alors les écumes, et l'on fait passer à l'aide d'un putoir le liquide dans la seconde chaudière dite la *propre*.

On commence l'évaporation pendant laquelle il se forme encore des écumes que l'on enlève pour les rejeter dans la chaudière à déféquer. — De la *propre*, le sirop est versé dans la troisième chaudière dite le *flambeau*, parce qu'on y reconnaît à la couleur et à la limpidité du liquide, si la défécation a été complète, ou si l'on doit ajouter encore un peu de chaux. Le sirop passe ensuite dans une quatrième chaudière nommée *sirop*, où il continue de se concentrer. Enfin, on le verse dans une cinquième, la *batterie*, où il atteint le terme de la cuite.

Tels étaient et tels sont encore dans un grand nombre de localités les procédés très défectueux d'extraction.

Au lieu de suivre la série des cinq opérations que nous venons de décrire, il est de beaucoup préférable, après la défécation première, de laisser reposer, puis décanter le jus clair que l'on sépare des écumes qui sont envoyées aux filtres-presses (voir plus loin page 127 et suiv.). Quant au jus il est dirigé sur les filtres à noir.

Les caractères d'une bonne défécation sont une décantation rapide, la teinte ambrée très vive du jus, un dépôt grisâtre se séparant nettement, et une très faible réaction alcaline.

En aucun cas on ne doit faire bouillir les jus déféqués, décantés ou non. On s'exposerait à colorer le jus ou à dissoudre des matières englobées à la défécation.

La chaux employée doit être aussi fraîche que possible, et les proportions ajoutées surveillées avec soin.

Quant aux jus provenant du traitement des écumes dans les filtres-presses, ils sont toujours très alcalins et quelquefois troubles. On doit les recueillir forcément et les déféquer une seconde fois dans une chaudière spéciale avec une proportion de chaux de 30 grammes par hectolitre. On laisse décanter, et l'on continue le travail comme pour les premiers jus.

#### FILTRATION

Les jus, après défécation et décantation, sont amenés sur les filtres à noir. Ils ne possèdent pas une limpidité et une pureté constantes. Le danger le plus sérieux réside dans l'entraînement de la folle bagasse très ténue par les jus décantés, entraînement qui est dû à la grande mobilité de la folle bagasse, à sa faible densité et à son extrême division qui communique au jus un louche continu.

Les tamis disposés au-dessus des filtres ne retiennent qu'une fraction de la bagasse entraînée et il suffit d'assister au déchargement d'un filtre pour apprécier l'importance qui s'attache à la séparation de cette matière, ainsi que l'économie de noir et de frais de revivification qui en sont la conséquence.

Les ferments globulaires et les sels de chaux en suspension dans le vesou déféqué se déposant en partie sur le noir, contribuent au développement rapide de l'acidité et conduisent à un fréquent renouvellement des filtres.

On retrouve en effet dans l'intérieur du filtre une matière azotée très acidifiable amenée par la folle bagasse, qui laissée en contact avec le vesou pendant 48 heures s'y dissout partiellement; le jus se décolore et paraît très louche. Dans ce cas il faut avoir la précaution de l'envoyer directement à l'appareil à cuire et non au *triple effet*, sinon on compromettrait gravement la fabrication.

On peut éviter cet inconvénient en faisant traverser la bagasse des moulins represseurs par le jus à épurer. La bagasse en effet est un agent d'épuration mécanique très remarquable.

Le jus auquel on fait traverser un filtre à bagasse en sort avec une limpidité très grande, et l'application de ce moyen permet de restreindre beaucoup l'emploi des filtres à noir.

#### ÉVAPORATION DES JUS

Les jus épurés et filtrés sont soumis à l'évaporation qui les prépare à la cuite en grains, travail qui s'opère dans le *triple effet*.

(Nous ne décrirons pas ici cet appareil, car nous devons y revenir avec plus de détails lorsque nous traiterons du sucre de betterave dans la fabrication duquel son emploi se trouve réalisé sur une beaucoup plus vaste échelle).

Le travail dans le triple effet doit être surveillé avec beaucoup de soin, principalement en ce qui concerne la répartition des vapeurs, le dégagement de l'air, l'extraction des eaux de condensation.

Les colonnes de sûreté ne doivent pas être disposées sur le plan du triple effet, il est préférable de placer le vase de sûreté au-dessus de chaque chaudière. De cette façon les entraînements à la pompe à air sont évités partiellement, et les abords de l'appareil sont dégagés de l'encombrement des colonnes.

Les entraînements de jus sont préjudiciables d'abord par la perte de sucre qui en est la conséquence, puis surtout par les dangers qui peuvent en résulter dans le chauffage des générateurs. Les eaux de retour en effet lorsqu'elles contiennent du sucre, oxydent les métaux et par suite altèrent les tuyaux, les clapets, les robinets. Il s'ensuit aussi que l'eau des générateurs s'émulsionne, et les indications du niveau d'eau sont faussées.

Il faut ajouter que les générateurs alimentés par de l'eau sucrée doivent subir une vidange immédiate, sinon, l'eau se colore, les joints et les tubes oxydés se mettent à fuir. La vapeur produite dans ces conditions possède une odeur repoussante, elle colore les sucres au turbinage et leur communique une odeur très désagréable.

On doit donc, pour éviter ces inconvénients et même ces dangers, examiner avec soin les eaux de retour.

Un second point très important réside dans les dépôts qui s'attachent aux tubes et aux serpentins.

#### DÉPÔTS PRODUITS DANS LES CHAUDIÈRES D'ÉVAPORATION

Ces dépôts sont désignés dans les Antilles françaises sous le nom de *cal*. — Généralement abondants, il n'est pas rare de leur voir atteindre dans les anciennes chaudières une épaisseur de 5 à 8 millimètres.

Les incrustations et les dépôts empêchent la transmission de la chaleur, exigent de fréquents lavages à l'acide et à la soude, et lorsqu'ils sont anciens, on est obligé d'avoir recours à des repiquages très coûteux et même dangereux pour les parois de l'appareil.

D'après d'anciennes analyses de M. Aimé Girard on peut conclure que les *cals* fournis par l'évaporation à la vapeur sont formés essentiellement de sulfate de chaux, et ceux obtenus à feu nu de sulfate de chaux mélangé en quantités variables avec des phosphates de chaux, avec de la chaux et de la magnésie.

Pour débarrasser le vesou de ces matières, il faut :

1° Filtrer le jus, comme nous l'avons dit, une fois la défécation terminée de manière à séparer toutes les matières insolubles, chaux, magnésie et phosphates.

2° Employer une chaux exempte de sulfate.

3° Précipiter le sulfate de chaux au moyen d'un réactif convenable, le carbonate d'ammoniaque par exemple. Il se formera du carbonate de chaux insoluble, et du sulfate d'ammoniaque que les mélasses entraîneront.

#### CUITE DU SIROP

Que l'on suive l'ancien procédé, comprenant les cinq chaudières successives que nous avons décrites, ou le procédé perfectionné qui utilise le filtrage, le vesou est ensuite amené dans la chaudière à cuire.

Le critérium qui indique aux nègres cuiseurs le point convenable de concentration est difficile à décrire. L'expérience guide les ouvriers. Quelques-uns jugent du degré de cuite par le grain qui se forme sur l'écume refroidie. Mais la plupart décident par le toucher, ce qui consiste à prendre une goutte de sirop avec l'index, à la presser contre le pouce, et à écarter ensuite ces deux doigts en regardant l'effet du liquide interposé. La longueur du filet qui se rompt à une certaine extension et se retire vers l'index est en quelque sorte proportionné au degré de concentration.

Il est bon, en outre, d'examiner l'apparence de la granulation, car un sirop visqueux et de mauvaise qualité peut fournir un filet assez long, et une fois refroidi, cristalliser avec peine.

Il faut donc tenir compte, et de l'aspect et de la solidité des grains qui, jusqu'à ce que l'on remplace ce mode de concentration du jus, continueront d'être les guides pratiques des cuiseurs nègres.

Ces chaudières à cuire en grains sont semblables à celles que nous décrivons plus loin.

La présence des matières salines dans le jus et l'action de la chaleur et de l'air sont les causes de la transformation d'une partie du sucre normal en sucre

incristallisable. Les pertes qui en sont la suite, et en général, la difficulté que l'on a dans les colonies pour soigner toutes les opérations indispensables à une bonne épuration des sirops, ont conduit plusieurs personnes à penser que le jus sucré devait, après la défécation, être évaporé aussi rapidement que possible et réduit en masse solide qu'on pourrait soumettre ensuite à tous les procédés épuratifs.

CONCRETOR FRYER

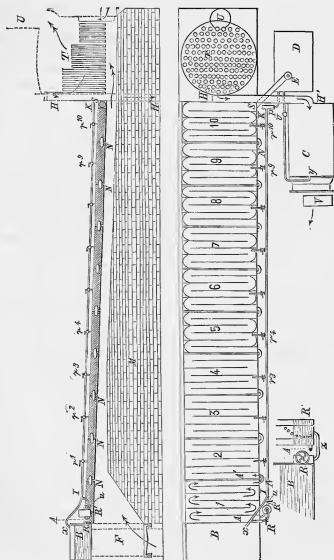


Fig. 10

C'est en partant de cette donnée que M. Fryer a construit le concretor. Cet



appareil a pour but de convertir le vesou en très peu de temps en une masse concrète renfermant le sucre et la mélasse.

Il consiste en trois parties principales : le *plateau*, le *cylindre*, le *tambour*.

Le *plateau* N est placé aussi près que possible du moulin à cannes et reçoit le jus directement des rouleaux. Traversé par des nervures ou cloisons qui partent alternativement de chaque côté, et laissant un intervalle du côté opposé, ce plateau n'est pas fondu d'une seule pièce, mais est composé de différentes parties 1, 2, 3... 10 qui s'ajustent les unes contre les autres et qui, en cas d'accident, peuvent se démonter et se remplacer facilement (fig. 10).

Le plateau est légèrement incliné sur son axe de manière à ce que le jus reçu à la partie antérieure coule en jet continu sur une épaisseur faible, de compartiment en compartiment en avant et en arrière jusqu'à ce qu'il soit arrivé à l'extrémité de l'instrument. La longueur totale du trajet est d'environ 110 mètres.

Sous le plateau N se trouve un fourneau F, et la flamme s'étend tout le long du fond en le léchant constamment.

Le temps mis par le vesou à franchir tous les compartiments 1, 2, 3..., 10 est de cinq minutes environ, et, dans cette courte période, les  $\frac{5}{6}$  de l'évaporation s'accomplissent et le jus commence à passer à l'état de sirop.

En quittant le plateau, le vesou concentré passe dans le cylindre C. Celui-ci est en cuivre ; il a 7 mètres de long sur 1 mètre de diamètre environ, et tourne autour de son axe. Partiellement ouvert à ses extrémités, une étroite bague à rebord concentrique y est adaptée pour retenir le sirop dans la partie inférieure d'où le mouvement de la machine l'enlève constamment sur une très mince épaisseur. Ce cylindre est chauffé par la vapeur qui s'échappe du vesou. La liqueur entre continuellement dans le cylindre et en sort également d'une manière continue. La dessiccation est extrêmement rapide.

Après un séjour de quelques minutes dans le cylindre, le vesou concentré et à l'état de sirop est à l'abri de la fermentation, mais il contient encore une notable quantité d'eau. Pour l'en débarrasser, on lui fait subir une troisième opération dans la partie de l'appareil appelé *tambour*. C'est un cylindre en fer chauffé intérieurement par la vapeur d'échappement.

Le sirop s'y transforme finalement en sucre concret. Dès qu'il est refroidi, il acquiert une dureté remarquable et peut alors être emballé et expédié en sacs.

#### TRAITEMENT FINAL.

Le concret ne demande plus d'autre travail que le raffinage, mais le sirop de travail ordinaire en sortant de la chaudière à cuire est amené dans la *purgerie* qui est un vaste bâtiment au rez-de-chaussée duquel une cave sert de réservoir aux mélasses. Cette cave ou citerne est doublée en plomb ou garnie de ciment. Son fond est légèrement incliné ; elle est en partie recouverte d'un massif solide sur lequel reposent debout les tonneaux à *empoter*. Ces tonneaux sont simplement des barriques à sucre vides et sans couvercle, dont le fond est percé de huit ou dix trous dans chacun desquels est enfoncé un bouchon qui dépasse d'environ 0<sup>m</sup>,200. On appelle *empotage* l'acte qui consiste à verser le sucre concret dans

ces barriques. Les trous du fond et les bouchons spongieux qui y sont enfoncés permettent aux mélasses de couler peu à peu dans la citerne placée au-dessous. Ordinairement, on laisse le sucre de qualité moyenne pendant trois ou quatre semaines dans la purgerie. Celui dont le grain est gros et mou y reste un mois à six semaines. La purgerie doit être bien close et bien chauffée, afin que la liquéfaction et l'écoulement des matières visqueuses s'opèrent bien.

Lorsqu'on veut faire du sucre *terré*, on concentre davantage le sirop, et quand on a envoyé trois ou quatre cuites au rafraichissoir, on les brasse afin d'obtenir un grain uniforme. Des ouvriers transvasent ensuite ce sucre chaud dans des moules coniques appelés *formes*, qui sont en poterie grossière et ont à leur extrémité un petit orifice que l'on bouche avec une cheville en bois enveloppée dans une feuille de maïs. On range ces formes la pointe en bas en les appuyant l'une contre l'autre. Comme la capacité des plus grandes est plus petite que celle des moindres barriques d'empotage et que le travail dure plusieurs semaines, il est nécessaire que les chambres à terrer soient très spacieuses. Quand le sirop est convenablement pris, ce qui a lieu ordinairement au bout de dix-huit à vingt heures, on ôte aux formes leurs *tasses* ou bouchons, et on les met chacune sur un pot en terre pour les faire égoutter. Au bout de vingt-quatre heures, on remplace les pots pleins par des pots vides, et l'on porte la mélasse contenue dans les premiers à la chambre de fermentation.

On procède alors au terrage. Cette opération consiste à verser sur le sucre, à la base de la forme, une couche de terre argileuse délayée en bouillie un peu épaisse. L'eau qui se trouve dans la glaise s'en échappe par une infiltration lente, et se répandant également dans toute la masse du sucre, entraîne avec elle le sirop visqueux qui s'y trouve, et qui est plus prompt à se dissoudre que les cristaux.

Quand la première couche de terre est entièrement sèche, on la remplace par une seconde, et souvent on en emploie une troisième jusqu'à ce que le sucre soit assez blanc et assez purifié. Alors on le fait sécher à l'étuve, puis, l'ayant brisé par morceaux, on le réduit en poudre grossière et on l'embarque pour l'Europe.

Les sucres terrés se classent par nuances diverses, selon la place qu'ils ont occupée dans la forme pendant l'égout et le terrage.

Dans le commerce français, on les distingue par *première*, *seconde*, *troisième*, *forte basse*, *commune*. Ce dernier article, qui est la pointe du pain, est un produit très inférieur. Le sucre terré de Cuba prend le nom du port d'embarquement et s'appelle *sucre Havane*.

Il faut employer pour faire le sucre terré la canne la plus mûre, car un jus contiendrait beaucoup de gluten se graisserait trop pendant la concentration pour que le terrage pût ensuite le purifier.

On recuit dans un bâtiment à part nommé *raffinerie* les sirops qui s'égouttent après l'application des seconde, troisième et quatrième couches de terre, et l'on en obtient encore des sucres assez beaux. Leur égout se rend à la citerne des mélasses.

Les formes restent vingt jours dans la chambre à terrer avant qu'on en retire le sucre.

## RÉSIDUS ET RENDEMENT

Les *mélasses* sont distillées pour produire le *tafia*, ou sont vendues directement.

La *bagasse* est utilisée comme combustible (100 kilogrammes de bagasse équivalent à 10 kilogrammes de houille) ou comme engrais, ou enfin sert d'alimentation pour le bétail.

Deux usines de la Martinique montées, l'une par la maison Cail et C<sup>e</sup> et munie de tous les perfectionnements : filtres à noir, chaudières à cuire dans le vide, turbines, etc..., l'autre travaillant sans filtres ni décanteurs, ont donné les résultats suivants :

La première a reçu 8.844.000 kilogrammes de cannes qui ont produit en sucre :

	KILOG.
Premier jet . . . . .	557.700
Deuxième jet. . . . .	203.800
Troisième jet. . . . .	74.900
Ensemble . . . . .	835.800

La seconde a reçu 3.860.000 kilogrammes de cannes qui ont produit en sucre :

	KILOG.
Premier jet . . . . .	266.000
Deuxième jet. . . . .	72.600
Troisième jet . . . . .	31.000
Ensemble. . . . .	369.600

La première a eu un résidu de mélasse égal à 207.600 litres à 37 degrés Baumé qui ont été vendus à la distillerie. La seconde a fourni un résidu de 90.000 litres de mélasse, qui ont été convertis en rhum.

## FABRICATION DU SUCRE DE CANNE EN CHINE

Le sucre que l'on extrait de la canne se présente dans le commerce chinois sous trois aspects différents qui sont désignés par les noms de *sucre devenu solide*, *givre blanc*, *sable rouge*. Ces distinctions sont dues à l'âge plus ou moins avancé des cannes qui deviennent brunâtres au commencement de l'automne, grises après le solstice d'hiver, et blanches quelques mois après cette époque.

Dans le sud de la Chine, où les gelées ne sont pas à craindre, on conserve les cannes à sucre sans les couper et on en retire une cassonnade blanche. Mais il n'en est pas de même dans les provinces du nord où les froids sont souvent très intenses; dans ces régions, toutes les opérations de l'extraction du sucre sont exécutés en quinze jours au plus.

Dans tous les cas, on commence par écraser les cannes au moyen de deux cylindres en bois dur que font agir des buffalos tournant sur un manège.

Le liquide sucré qui s'écoule, tombe dans une rigole en bois qui le conduit

dans une grande jarre; il est ensuite additionné de chaux éteinte, puis le mélange est introduit dans des chaudières chauffées par des fagots. Quand le liquide est éclairci par cette défécation, on le transvase dans une seconde chaudière où l'on achève de le cuire au degré voulu pour que la cristallisation puisse avoir lieu.

Le sucre est ensuite soumis à divers traitements tout à fait analogues à ceux que nous avons décrits sous le nom de *terrage*.

Le sucre le plus estimé en Chine vient de l'île Formose. Au second rang se place le sucre de Cochinchine, puis viennent ensuite les sucres de Nanking, du Fo-kien, de Ningpo, etc.

---

## CHAPITRE III

---

### SUCRE DE BETTERAVE

---

#### NOTIONS GÉNÉRALES. — HISTORIQUE

Fille de la Prusse par la science, fille de la France par l'industrie, la fabrication du sucre de betterave, dépouillant les tropiques d'un monopole en apparence pour toujours assuré, abolissant la jachère sans diminuer les autres productions, augmentant celle de la viande, triplant pendant l'été le travail dans les campagnes, y supprimant le dur chômage de l'hiver, développant la science et l'art du mécanicien et du chimiste, fondant et entretenant d'immenses ateliers de mécanique, cette fabrication, pouvons-nous dire, est certainement un des faits économiques les plus considérables qu'enregistrera l'histoire.

Lorsque le blocus continental entravait le commerce et réduisait chaque nation à ses seules ressources, la France se trouva privée d'un certain nombre de produits qu'elle était accoutumée à recevoir de l'étranger. Le sucre manquait et les moyens de s'en procurer manquaient également.

Cette situation excita le zèle de plusieurs savants laborieux et trois hommes dont les noms sont célèbres à juste titre, Parmentier, Proust et Chaptal, stimulés par Napoléon, entreprirent de rechercher les moyens propres à fabriquer du sucre indigène. Le raisin semblait plus que tout autre végétal convenir pour cette fabrication. Proust indiqua un moyen très simple pour isoler le sucre du raisin et Fouques trouva le moyen de blanchir le sucre.

Bientôt on vit s'établir dans le midi de la France de nombreuses fabriques de sucre de raisin qui commencèrent à rendre de grands services.

Le raisin était d'abord pressuré, puis le jus extrait était saturé par de la craie pour enlever le tartre et l'acide malique. Le jus, ainsi traité, passait ensuite sur des filtres; on le clarifiait avec le sang ou le blanc d'œuf. Le liquide clair était concentré par l'ébullition, puis abandonné jusqu'à ce qu'il se prit en masse cristalline, qu'on soumettait à la compression après l'avoir fait égoutter pour en former des pains moulés. Ce sucre n'était pas cristallisé; il était en masse compacte comme la glucose.

Pendant que cette fabrication du sucre de raisin se développait, une autre, qui devait bientôt la remplacer complètement, prenait naissance.

Le nom de Margraff est inséparable de l'industrie du sucre de betterave.

Ce chimiste prussien est en effet l'auteur de cette découverte, dont les conséquences devaient être si fécondes, et c'est en 1747 qu'il lut à l'Académie de Berlin son mémoire sur l'existence du sucre cristallisé dans la betterave. Mais ce n'est que quarante ans plus tard que cette grande idée devait trouver sa première application.

Achard, autre chimiste de Berlin, reprit les travaux de Margraff, et c'est à lui qu'est due la méthode pratique qui marqua les premiers pas de la nouvelle industrie.

En 1796, aidé par le roi de Prusse, Achard fondait à Kunern, en Silésie, une fabrique de sucre de betterave.

En 1799, les *Annales de Chimie* contenaient une lettre de ce savant dans laquelle il donnait la description des procédés qu'il appliquait alors, faisait connaître son prix de revient et insistait sur les avantages agricoles que procurait la nouvelle industrie.

Les circonstances politiques de l'époque étaient singulièrement favorables à la découverte dont Achard entretenait le monde savant, car cette découverte pouvait avoir pour effet d'affranchir le commerce du monopole britannique.

L'Institut se préoccupa des résultats annoncés par Achard. Deux fabriques s'établirent dans les environs de Paris, mais elles devaient échouer et leur chute jeta un profond discrédit sur une industrie que le temps seul pouvait faire réussir.

Dans l'origine, en effet, le sucre de betterave eut à combattre bien des préjugés qui ne sont pas tous encore déracinés. Chaptal, dans son *Traité de Chimie*, combattit ces préjugés. Ce savant écrivait alors : « Les sucres qui proviennent des diverses plantes sont rigoureusement de même nature, et ne diffèrent en aucune manière, lorsqu'on les a portés par le raffinage au même degré de pureté. »

D'ailleurs, les difficultés de fabrication étaient grandes.

Quand, d'un mélange de matières sans propriétés chimiques bien tranchées, il faut extraire l'une d'elles, l'opération est toujours délicate, mais elle le devient bien davantage, si dans un temps très court, et sous des influences nombreuses, difficiles à conjurer, la substance principale change de nature sans retour possible à son premier état, et, surtout, si les matières à éliminer s'altérant elles-mêmes, acquièrent des propriétés nouvelles qui les rendent plus inertes encore à l'action des agents chimiques et physiques destinés à les faire disparaître.

Telles sont les difficultés que la nature semble avoir accumulées dans le jus de betterave. Aussi ne doit-on pas être étonné s'il a fallu plus d'un demi-siècle à la science et à l'industrie pour les reconnaître et les vaincre, et si, chaque année apportant de nouveaux enseignements voit apparaître des innovations, parfois des procédés qui, tout en marquant des progrès incontestables, viennent bouleverser les fabriques souvent de fond en comble, en rendant tout à coup inutiles les outillages les mieux construits souvent les plus récents et les plus coûteux.

Un rapport de M. Deyeux, lu à l'Académie des sciences en 1810 et dans lequel ce savant constatait les résultats des nouvelles expériences faites de 1809 à 1810, ramena tout à fait l'attention sur le sucre de betterave.

En 1811, Napoléon ordonna que 32.000 hectares seraient consacrés à la culture de la betterave. Un décret du 15 janvier 1812 créa cinq écoles de chimie pour la fabrication du sucre de betterave; en même temps que quatre fabriques impériales disposées de manière à fabriquer avec le produit de la récolte de 1812 à 1813, deux millions de kilogrammes de sucre brut.

Sur presque tous les points de la France on vit, dans l'espace de quelques années, surgir des fabriques de sucre de betterave.

Mais les événements de 1814 portèrent à l'industrie naissante un coup redoutable, heureusement passager.

A la même époque, en 1812, Benjamin Delessert se livrait, dans sa raffinerie de Passy, à des essais qui avaient pour but d'obtenir le sucre de betterave à l'état de raffiné en pains. Le succès couronna ses efforts, et c'est de ce moment que date cette révolution immense dans le commerce français, révolution dont les conséquences furent que la France put dès lors produire une quantité de sucre plus que suffisante pour ses propres besoins. Dès lors la fabrication du sucre de betterave se répandit en France sur un grand nombre de points.

Sous la Restauration, les travaux de Mathieu de Dombasle, de Chaptal et de Dubrunfaut dirigèrent cette fabrication dans la voie agricole, mais c'est depuis 1830 seulement que la fabrication du sucre de betterave quitte la forme d'annexe à l'agriculture pour constituer une industrie manufacturière.

En 1828, la production française était de . .	2.665.000 kilogrammes.
En 1836	— — 49.000.000 —
En 1847	— — 53.000.000 —
En 1854	— — 77.000.000 —
En 1858	— — 152.000.000 —
En 1866	— — 274.000.000 —
En 1872	— — 316.000.000 —
En 1888	— — 408.000.000 —

Les fabriques actuelles sont distribuées en France d'une façon très inégale. Les départements qui en possèdent le plus sont le Nord avec 98 fabriques et l'Aisne avec 81.

C'est aussi dans les départements nouvellement initiés à l'industrie du sucre de betterave que l'on rencontre les fabriques les plus puissantes et possédant l'outillage le plus perfectionné.

Le nombre des appareils et machines à vapeur employés dans les sucreries en France est considérable, aussi cette industrie offre-t-elle un débouché précieux à nos mines de houille.

## INFLUENCE DE LA CULTURE DE LA BETTERAVE SUR L'ÉTAT AGRICOLE DU PAYS

La sucrerie indigène constitue l'une de nos plus importantes industries agricoles. La matière première, la betterave, améliore le sol de plusieurs manières : par la grande profondeur à laquelle pénètrent ses racines, elle remue et rend perméable le terrain où elle est cultivée; la nourriture puisée dans une épaisseur de terre qui peut atteindre jusqu'à deux mètres vient s'accumuler dans les feuilles

en même temps que les éléments empruntés à l'air et aux matières gazeuses des fumiers; les feuilles soit indirectement, soit directement, s'ajoutent elles-mêmes aux engrais; une partie des composés et des sels solubles qui seraient perdus pour les cultures suivantes sont ramenés à la superficie du sol. Cette culture, dit Payen, n'est pas épuisante, surtout lorsque tous ses résidus : têtes et feuilles des betteraves, pulpes, écumes, charbon d'os, etc., peuvent être, les uns consommés par les animaux de l'exploitation, les autres répandus sur le sol comme engrais, car les produits extraits des betteraves et qui ne retournent pas à la terre, les sucres bruts et raffinés sont presque dépourvus d'azote ou très pauvres en matières azotées et en substances minérales, par suite à peu près sans valeur pour des terres où les matières purement végétales surabondent.

C'est l'orge, le colza, les prairies naturelles, les bois et surtout la jachère que la plante saccharifère a chassés depuis longtemps du Nord de la France, et qu'elle fait disparaître de toutes les contrées dans lesquelles elle s'introduit. Ajoutons que le progrès s'étend au rendement des blés qui nulle part n'est plus considérable que dans les pays sucriers. Le nombre des bœufs et des moutons s'y accroît également d'une façon considérable. Aussi les pays qui font le plus de betteraves sont ceux qui font le plus de blé et le plus de viande et sont dès lors ceux qui contribuent le plus largement à l'alimentation publique.

La betterave après avoir été exprimée donne un résidu d'une grande valeur comme matière nutritive; on peut estimer que 300 kilogrammes de ce résidu fermenté après un séjour convenable en silos, sont l'équivalent nutritif de 100 kilogrammes de foin sec.

Un bœuf de travail est parfaitement entretenu avec une ration quotidienne de 40 kilos de pulpe et 2 à 3 kilogrammes de foin sec.

La betterave est, on le voit, une plante réparatrice du sol, lorsque sa culture est accompagnée comme il convient d'un nombreux bétail qu'elle contribue à entretenir par ses résidus. Là ne se borne pas la restitution effective qu'elle fait au sol, car avec cette plante rien n'est perdu. Lors de l'arrachage, les feuilles et les collets abandonnés sur le sol, sont l'équivalent d'une demi-fumure, et on s'en aperçoit bien à l'aspect de vigueur du blé qui vient là où ces feuilles riches en sels et en potasse ont été répandues. Si on les fait manger sur place par les moutons, le résultat est le même.

Les betteraves en venant aux fabriques, apportent avec elles 5 à 6 p. 100 de terre, souvent beaucoup plus; cette terre est recueillie pendant le lavage de la racine, en même temps que des débris et filaments de ces racines; le tout constitue un très bon engrais que l'on emploie comme compost en le mêlant avec les boues de la cour, les cendres de générateurs et autres résidus.

Le travail des jus réclame beaucoup de chaux et il se forme à la défécation des écumes abondantes que la pression solidifie, et qui, retenant la chaux elle-même, une partie de l'albumine de la betterave et les sels en combinaison, constituent un engrais minéral et azoté de premier ordre.

Les résidus de noir vont fertiliser les terrains granitiques et leur apporter l'élément calcaire qui leur manque.

Pour apprécier l'utilité de la betterave dans l'agriculture seulement comme plante d'assolement et de nourriture on trouve par exemple qu'en 1882 il y avait



plantés en betteraves fourragères 238.000 hectares, en betteraves à sucre 237.000 hectares, c'est-à-dire une quantité à peu près égale de betteraves seulement destinées à l'usage de la ferme.

En résumé, la véritable solution du problème de la sucrerie agricole consiste dans l'amélioration du sol par la betterave, dans l'emploi intégral des résidus, dans le choix raisonné des engrais, dans une alternance de récoltes telles que la racine saccharifère ne se reproduise pas trop souvent. Elle consiste enfin dans une solidarité de plus en plus grande entre cultivateurs et fabricants, entre l'usine et le sol, entre celui qui vend la matière et celui qui la met en œuvre.

### NOTIONS SUR LA BETTERAVE

La betterave est une plante bisannuelle du genre *bette*, famille des Chénopodées.

Linné admet cinq variétés de betteraves. De ces cinq variétés on s'accorde à donner la préférence à la *beta alba*, betterave blanche de Silésie.

Actuellement on peut les diviser en betteraves fourragères et betteraves à sucre.

#### BETTERAVES FOURRAGÈRES

Elles comprennent onze variétés principales :

**Betterave Tankard** (fig. 11). — Cette magnifique variété jouit d'une grande réputation et peut remplacer la betterave jaune des Barres. Elle a un



Fig. 11.



Fig. 12.

peu la forme de cette dernière, mais n'est pas positivement ovoïde. Elle est plus large à la base et comme tronquée brusquement. Sa peau est d'un beau jaune cuivré, la chair jaune et veinée de lignes plus foncées. Elle est beau-

coup plus nutritive que la *jaune des Barres* et vient plus facilement dans les terrains peu profonds; elle a le collet très fin; peu de feuilles; sort presque complètement de terre, et peut être arrachée très facilement.

**Disette géante Mammouth** (fig. 12). — Cette variété a beaucoup de rapport avec la précédente, mais elle a la forme plus régulière, le collet plus fort, moins de feuilles, et sort encore plus de terre; la peau est lisse et d'un beau rouge, la chair blanche et veinée de rose demande un sol riche et profond. C'est la variété donnant le plus fort rendement parmi les betteraves fourragères.

**Disette rose d'Allemagne.** — C'est une racine à peau rose, longue, très grosse, sortant à moitié de terre; chair blanche veinée de rose.

**Disette corne de bœuf.** — Rose, très longue, cylindrique et contournée, sortant aux trois quarts hors de terre.

**Disette blanche à collet vert.** — Presque aussi grosse que la disette rose, mais sortant moins de terre, chair blanche très estimée.

**Disette d'argent.** — Blanche à collet rose sortant moitié hors de terre; chair légèrement rosée à l'intérieur vers le sommet.

**Disette rouge ovoïde géante.** — Variété très vigoureuse ayant beaucoup de rapport comme forme avec la *jaune ovoïde des Barres*, mais elle est plus longue et plus forte, sort moitié hors de terre, est de bonne qualité et se conserve très bien.

**Jaune globe.** — Forme sphérique, racine très nette, sortant presque entièrement de terre, chair blanche zonée de jaune, variété rustique, venant bien dans les sols peu profonds.

**Rouge globe.** — Même forme que la précédente sortant également de terre, mais moins estimée, chair blanche zonée de rouge, venant un peu moins grosse que la *jaune globe*.

**Jaune ovoïde des Barres** (fig. 13). — Racine très grosse, forme ovoïde sortant presque entièrement de terre, peau d'un beau jaune foncé; chair jaune pâle zonée de jaune plus foncé, variété de grand mérite; se convient dans presque tous les sols; très nutritive et se conservant très bien.

**Jaune longue d'Allemagne à chair blanche** (fig. 14). — Bonne variété pour les terres calcaires, sortant à moitié de terre; chair blanche, de bonne conservation.



Fig. 13.



Fig. 14.

## BETTERAVES A SUCRE

**Betterave blanche à sucre de Silésie** (fig. 15). — Elle est le



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.

point de départ de toutes les autres variétés. C'est une race de grosseur

médioere, presque complètement enterrée. Très riche en sucre, se prête très bien à la culture serrée et n'exige pas de terres profondes.

Il en existe plusieurs sous-variétés, nous citerons seulement la betterave *Impériale* (fig. 16) qui est longue, régulièrement amincie, en forme de earotte avec un feuillage blond frisé.

**Blanche à sucre à collet rose** (fig. 17). — Racine pivotante, un peu allongée, sortant d'un tiers hors de terre, assez facile à arracher; elle donne un plus fort rendement que la betterave à collet vert, mais est moins riche en sucre.

**Blanche à sucre à collet vert** (fig. 18). — Elle a presque la même force que la précédente, mais elle est plus petite, plus estimée et plus riche en sucre. Cette variété peut donner jusqu'à 60.000 kilogrammes par hectare, et titrer de 12 à 14 p. 100 de sucre.

**Blanche à sucre à collet gris rosé** (fig. 19). — Cette variété n'est cultivée en grand que depuis quelques années. Elle a le mérite de produire en racines presque autant que les variétés fourragères, tout en conservant son degré de densité. La végétation est vigoureuse; elle est d'un arrache facile, sa racine étant presque nette.

## CLASSIFICATION DES BETTERAVES

Au point de vue spécial de la fabrication du sucre, nous pouvons avec *M. Violette*, grouper toutes les bonnes variétés en trois grandes catégories :

### 1° LES BETTERAVES DE TRÈS BONNE QUALITÉ

Leur chair est très dure, leur peau très rugueuse; le collet très large porte des feuilles abondantes; la racine est allongée et pousse profondément en terre.

### 2° LES BETTERAVES DE BONNE QUALITÉ

La chair est assez dure, la peau rugueuse, le collet un peu moins large que dans les variétés précédentes, porte un nombre assez considérable de feuilles qui ne s'insèrent point dans toute son étendue. La racine est encore pivotante mais moins que dans les premières de très bonne qualité.

### 3° LES BETTERAVES D'ASSEZ BONNE QUALITÉ

La chair est tendre, la peau lisse dans la plus grande partie de son étendue, présente quelques rugosités rares. Le collet est petit et porte peu de feuilles. La racine est courte.

Les betteraves de la première variété sont celles qui produisent le plus de sucre par rapport au poids de la racine. Celles de la troisième variété donnent ordinairement le plus fort rendement en poids des racines, mais souvent elles produisent moins de sucre à l'hectare.

Les betteraves pivotant le plus profondément en terre sont les plus riches, et leur jus est le plus pur.

C'est dans les terrains fertiles, labourés profondément, riches en humus, en engrais consommés physiquement et chimiquement homogènes qu'il faut cultiver les variétés à chair très dure, à peau très rugueuse de la première catégorie. Celles de la seconde catégorie doivent être récoltées dans les terres de fertilité moyenne. Les variétés de la troisième catégorie doivent être généralement rejetées pour la fabrication du sucre.

### CULTURE DE LA BETTERAVE

La culture de la betterave est naturellement influencée et cela dans des limites très étendues par le mode d'achat de cette matière première.

Si l'achat se fait au poids seul, quelle que soit la qualité, le fabricant peut se trouver en présence de produits peu riches en sucre. Il est vrai que dans ce cas, l'industrie spécifie que les cultivateurs devront semer certaines espèces de betteraves à l'exclusion de certaines autres, mais elle ne peut leur imposer les variétés excellentes très riches en sucre, qui dans les conditions ordinaires de culture ne donnent que de faibles rendements en poids; elle est obligée de consentir à l'emploi de betteraves médiocrement sucrées, mais plus grosses, et qui permettent d'obtenir aisément 40.000 kilogrammes à l'hectare, c'est-à-dire qui donnent au cultivateur, en comptant la betterave à 20 francs la tonne, un revenu de 800 francs par hectare.

La betterave fournit ainsi, dit M. Dehérain, une récolte plus rémunératrice que les céréales, mais il faut remarquer que sa culture est beaucoup plus dispendieuse; elle exige comme engrais et comme main-d'œuvre des dépenses élevées.

Le mode d'achat au poids a donc déjà ce très grave inconvénient d'interdire à la culture des variétés de petites racines très sucrières, parce qu'elles ne donnent que des rendements en poids insuffisants.

Mais en outre, on avait remarqué que la qualité des betteraves baissait de plus en plus, on chercha la cause de cette dégénérescence.

Les cultures exécutées au Muséum d'histoire naturelle par MM. Fremy et Dehérain, permirent de préciser à quelle cause il fallait l'attribuer.

Nous ne pouvons mieux faire que de résumer ici les beaux travaux entrepris par ces deux savants à ce sujet.

Les graines furent semées simultanément dans une terre de jardin d'excellente qualité et dans des sols stériles, amendés seulement avec des engrais chimiques. On remarqua que les racines développées dans un sol d'une richesse exceptionnelle, que celles qui avaient reçu beaucoup d'engrais azotés étaient remarquablement plus pauvres que celles qui n'avaient eu à leur disposition que de moindres quantités d'azote et de soude. A l'analyse, ces betteraves très grosses, très développées, très aqueuses, accusèrent des proportions inusitées d'azote combiné, et il devint clair que si la betterave perdait sa richesse, cette diminution de qualité n'était pas due comme on l'avait supposé, à l'épuisement du sol, mais bien au contraire de ce que le sol était devenu beaucoup plus riche,

par suite des fumures exagérées qu'il avait reçues, par suite de l'emploi excessif des engrais azotés et notamment du nitrate de soude. Les observations de divers chefs de stations agricoles corroborèrent exactement cette manière de voir.

Le gain du planteur, en effet, étant déterminé par le poids des betteraves qu'il expédie à la sucrerie, il doit avant tout viser aux forts rendements; par suite, il emploie le fumier de ferme et les engrais chimiques à profusion; il obtient 70.000 kilogrammes à l'hectare, mais la betterave récoltée ne renferme plus que 6 ou 8 p. 100 de sucre, et son traitement est ruineux pour le fabricant.

Ce mode de culture à grands renforts d'engrais, désavantageux pour l'usine à sucre, est fructueux au contraire pour le fermier.

Quand, au contraire, l'achat des betteraves a lieu d'après leur richesse, le cultivateur a intérêt à obtenir un fort rendement en poids, mais il a intérêt également à faire des betteraves riches en sucre.

On est alors amené à faire de nombreux essais pour trouver la betterave qui, tout en restant d'une richesse suffisante, fournira un rendement convenable; on la nomme *betterave de compensation*. Mais ces tentatives n'obtenant qu'un médiocre succès, on arrive à l'idée qu'il faut payer la betterave, non plus seulement d'après son poids, mais aussi d'après sa richesse en sucre et l'on a cherché des moyens rapides d'apprécier cette richesse que nous relaterons plus loin.

Mais peut-on arriver par la culture à concilier ces deux conditions du rendement et de la richesse? M. Dehérain arrive à cette conclusion, qu'en cultivant les betteraves en lignes serrées, on obtiendra simultanément des racines riches et un fort rendement.

Il arrive souvent que dans les champs de betteraves plusieurs individus périssent à côté les uns des autres; les vers blancs qui suivent les lignes sont la cause fréquente de la destruction de ces betteraves; celles qui résistent au milieu de ces vides acquièrent des dimensions considérables, elles pèsent plusieurs kilogrammes et sont généralement très pauvres en sucre. C'est l'inverse qui a lieu quand les betteraves sont très serrées, qu'elles ont été mal éclaircies, c'est-à-dire qu'après la levée on a négligé d'enlever un nombre suffisant de graines germées. Les betteraves sont petites, mais elles renferment une proportion de sucre considérable.

M. Dehérain a fait sur ce point spécial des expériences de culture très concluantes, dont les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

ECARTEMENT

	30 sur 25	50 sur 25	50 sur 35	50 sur 50
Nombre de racines au centre. . . . .	12	8	6	4
Poids moyen des racines . . . . .	0 <sup>k</sup> ,376	0 <sup>k</sup> ,835	1 <sup>k</sup> ,062	1 <sup>k</sup> ,393.
Poids des racines à l'hectare . . . . .	69818 <sup>k</sup>	66800 <sup>k</sup>	60685 <sup>k</sup>	55720 <sup>k</sup>
Sucre dans 100 grammes . . . . .	11,61	10,38	9,80	9,94
Sucre produit à l'hectare . . . . .	7,905	6,931	6,247	7,538

La betterave doit être l'objet de soins incessants. Il faut après le semis et la

levée des graines éclaircir les jeunes betteraves, c'est-à-dire n'en laisser dans chaque ligne qu'un nombre convenable. Ensuite, il faut sarcler et biner.

La betterave peut être semée à la main ou avec un semoir. Bien que les betteraves puissent se cultiver sur différents sols, on doit choisir les terrains profonds, argilo-sableux et un peu compacts.

L'amélioration progressive de la graine de betteraves pour une culture faite sur de vastes espaces a été rendue praticable et usuelle par M. Ollivier Leeq.

Cette culture n'est pas simplement une industrie agricole, parce qu'il ne s'agit nullement d'obtenir la plus grande quantité de graines donnant les plus belles betteraves dans un sol, mais bien de faire produire la graine qui fera récolter les betteraves pouvant donner le plus de sucre. Ce maximum lui-même est relatif, car il est dépendant du poids de la récolte par hectare et de la richesse du jus qu'on doit en extraire.

L'opérateur doit avoir une connaissance pratique complète de la valeur de chaque betterave porte-graines, au point de vue de sa richesse en sucre, pour effectuer une sélection qui les classe en différentes catégories, suivant le résultat à espérer, dans tel ou tel sol.

M. Olivier Leeq a adopté pour l'amélioration des graines de betteraves, la méthode de *sélection*, fondée sur l'analyse chimique de la racine.

Le choix des betteraves porte-graines comporte plusieurs opérations. Après l'arrachage dans les champs que l'on peut exécuter avec un arracheur mécanique pour éviter les meurtrissures dues à la bêche ou à la fourche, on fait secouer les betteraves et on les place en ligne. Des ouvriers exercés procèdent à un premier triage très rapide, mais assez complet déjà. Dans cette opération, on prend sans fixation de limite tous les sujets pouvant convenir; le nombre varie du sixième au huitième pour descendre ensuite du dixième au douzième, une fois toutes les opérations terminées. On met ces betteraves en tas circulaires, les feuilles en dehors, pour les garantir des actions de l'atmosphère. Dès qu'on le peut, on enlève les feuilles et on procède à un nouveau triage plus complet. Ensuite on met les racines dans des silos aussi petits que possible. Telle est la sélection sous le rapport de la forme. On procède ensuite à l'analyse chimique sur laquelle nous reviendrons plus tard avec détails.

L'analyse a pour but d'établir un terme de comparaison ainsi que le rapport de richesse des betteraves entre elles. On rejette toutes les racines qui ne dosent pas 15 p. 100 de sucre et on répartit les autres en catégories spéciales. Les plus riches font ce que l'on nomme les grand'mères, elles sont destinées à faire de la graine pour des plants. La catégorie inférieure forme la réserve, c'est-à-dire qu'elle est semée comme la précédente, dans le cas où la récolte serait insuffisante ou compromise.

L'application de cette méthode donne d'excellents résultats; les plants sont uniformes, la richesse est régulière et constante.

Pour réduire autant que possible les frais de production des graines de betterave, on doit employer le système de plantation en quinconce, les pieds étant distants de 1 mètre en tous sens; c'est l'inverse de la méthode que nous avons préconisée pour les betteraves destinées à la sucrerie, lesquelles demandent à être serrées pour bien mûrir.

Après les labours et l'enfouissement des engrais, on procède au rayonnage pour placer les racines en quinconce.

Les betteraves qui doivent servir comme porte-graines sont prises comme nous venons de le voir dans les conditions ordinaires de la culture. Après qu'on en a constaté la richesse par l'analyse en janvier et février, on les remet en silos où elles restent jusqu'à la plantation. Celle-ci se fait en mars dès que le temps et le sol le permettent. On ne plante que des sujets bien développés de 400 à 900 grammes. Quelques jours après on exécute un premier binage à la main, puis un second binage.

Dès que les lignes commencent à se dessiner on fait passer des hoes dont le travail se succède sans interruption six à huit fois. La perméabilité du sol est ainsi constamment entretenue. Il s'ensuit que l'alimentation de la plante est très régulière et que sa végétation par suite est assurée.

Les pieds de betteraves ainsi soignés prennent un très grand développement.

Comme conclusion, nous dirons qu'on peut très bien ainsi s'affranchir des graines étrangères, et ne plus employer que les graines des races françaises améliorées.

#### ASSOLEMENT. — ENGRAIS

L'enseignement qui se dégage des expériences faites sur les engrais propices à la culture de la betterave ne font que confirmer une loi naturelle de la vie végétale que *Liebig* a créée *a priori* et qui a été établie *a posteriori* par les expériences de *M. G. Ville*.

Le savant Allemand, dans son ouvrage intitulé : *Les lois naturelles de l'Agriculture*, a jeté les véritables bases de la théorie des engrais en affirmant que ces derniers n'ont qu'une efficacité relative et quelquefois nulle lorsqu'ils ne contiennent pas tous les éléments nécessaires à la vie des plantes.

Il écrivait : « Toute terre contient un *maximum* d'un ou de plusieurs éléments nutritifs, et un *minimum* d'un ou plusieurs autres. Que le minimum soit de la chaux, de la potasse, de l'azote, de l'acide phosphorique ou toute autre substance, c'est toujours de lui que dépendent les rendements; il règle et détermine l'abondance ou la durée des récoltes.

« C'est ainsi, par exemple, que si ce minimum était de la chaux, les récoltes en grains et paille, en racines, etc., resteraient les mêmes et n'augmenteraient pas, quand bien même on augmenterait au centuple les quantités de potasse, de silice, d'acide phosphorique, etc., qui se trouvent dans le sol. Mais dans un tel champ, les récoltes s'accroîtraient par une simple fumure à la chaux. »

Des expériences importantes relatives à l'emploi des engrais dans la culture de la betterave ont été poursuivies pendant plus de dix années sur les terres de *M. Dervaux* Ibled, à Wagnies. Les distances des racines étaient de 0<sup>m</sup>,330 sur 0<sup>m</sup>,250, excepté pour l'expérience B où les distances étaient de 0<sup>m</sup>,500 sur 0<sup>m</sup>,330.

Les divers engrais employés ont été les suivants :



1° *Fumier et tourteaux.*

Fumier. . . . .	40,000 kilogr.
Tourteaux . . . . .	400 —

2° *Formule A.*

Superphosphate de chaux. . . . .	500 kilogr.
Sulfate d'ammoniaque. . . . .	100 —
Nitrate de soude. . . . .	200 —
Nitrate de potasse. . . . .	100 —
Chlorure de potassium. . . . .	500 —
Tourteaux. . . . .	400 —

3° *Engrais à la potasse.*

Superphosphate. . . . .	500 kilogr.
Nitrate de potasse . . . . .	600 —
Chlorure de potassium. . . . .	300 —

4° *Engrais à la soude.*

Superphosphate. . . . .	500 kilogr.
Nitrate de soude. . . . .	500 —
Chlorure de sodium . . . . .	300 —

5° *Formule B.*

Superphosphate. . . . .	700 kilogr.
Nitrate de soude . . . . .	500 —
Nitrate de potasse . . . . .	300 —
Chlorure de potassium. . . . .	200 —
Tourteaux . . . . .	600 —

6° *Formule C.*

Superphosphate. . . . .	600 kilogr.
Nitrate de soude . . . . .	200 —
Nitrate de potasse . . . . .	200 —
Sulfate d'ammoniaque . . . . .	100 —
Chlorure de potassium. . . . .	100 —

7° Parcelle ayant reçu des betteraves sans engrais d'une manière continue pendant sept ans.

## RÉSULTATS OBTENUS

	1	2	3	4	5	6	7
Rendement en poids. . . . .	38,320	43,720	53,520	40,080	40,740	39,120	27,360
Degré densimétrique. . . . .	5,4	6,7	6,4	6,1	5,5	6,2	7,1
Sucre pour cent de betteraves .	10,30	14,00	12,82	12,50	11,11	12,82	14,93
Cendres alcalines pour cent de betteraves, . . . . .	0,700	0,413	0,531	0,409	0,308	0,454	0,29
Cendres alcalines pour cent de sucre . . . . .	6,80	2,23	4,29	3,26	4,57	3,51	2,00
Sucre à l'hectare. . . . .	6,007	6,400	6,861	6,135	4,526	5,035	4,015

On voit que le fumier a donné le rendement le plus fort, mais aussi la richesse la plus faible.

Sur la parcelle 5 où l'on a exagéré la proportion des engrais azotés et la distance, tout s'affaiblit. Ceci est conforme à ce que nous avons dit précédemment.

Quant à la richesse relative des pulpes, des jus et de la betterave provenant de ces champs d'expérience, voici les résultats obtenus avec les betteraves des sept parcelles dont il vient d'être question.

*Sucre pour 100 en poids.*

	1	2	3	4	5	6	7
De pulpe pressée. . .	11,75	14,69	13,51	13,16	11,76	14,09	15,62
De betteraves. . . . .	10,30	14,00	12,82	12,50	11,11	12,82	14,93
De jus . . . . .	9,68	13,12	12,53	12,24	10,42	11,68	15,06

*Carbonates alcalins pour 100 en poids.*

De pulpe pressée. . .	0,738	0,586	0,621	0,607	0,655	0,635	0,469
De betteraves. . . . .	0,612	0,361	0,462	0,400	0,428	0,386	0,280
De jus . . . . .	0,400	0,209	0,241	0,207	0,269	0,248	0,138

*Chlorures alcalins pour 100 en poids.*

De pulpe pressée. . .	0,066	0,041	0,065	0,082	0,054	0,059	0,016
De betteraves. . . . .	0,008	0,052	0,089	0,092	0,080	0,068	0,016
De jus . . . . .	0,112	0,067	0,107	0,133	0,089	0,081	0,016

Les récoltes sont d'ailleurs très variables suivant les années. En 1887, par exemple, elle atteignait à peine 20.000 kilogrammes de racines à l'hectare, tandis qu'en 1886 elle avait produit 32.000 kilogrammes.

Jusqu'à présent la culture de la betterave en France a été à la merci des phénomènes météorologiques. Si dans le cours de la saison il se présente une succession régulière et favorable de pluie et de soleil, les récoltes sont abondantes; mais s'il arrive qu'une sécheresse persistante sévisse, alors les rendements s'abaissent rapidement. Mais la science agricole enseigne les moyens de se mettre à l'abri de ces influences fâcheuses; parmi les plus efficaces pour la betterave, on peut indiquer les labours profonds, un bon état d'entretien des terres et une abondante réserve d'engrais.

Avant le vote de la loi de 1884, le cultivateur vendait régulièrement sa betterave au poids, et nous avons vu qu'en opérant ainsi on était amené à chercher un fort rendement à l'hectare sans se préoccuper de la richesse en sucre. Mais depuis la loi de 1884 la situation a complètement changé.

Le fabricant paye plus cher la betterave plus riche et cela dans la proportion de 1 franc par tonne par dixième de degré du densimètre.

Depuis plusieurs années la richesse saccharine des betteraves françaises a continuellement été en s'augmentant. Cela est dû à ce qu'on a de plus en plus abandonné les anciens errements de culture et que l'on applique sur une large échelle les principes que nous avons résumés précédemment.

Sous le rapport de l'influence de la nature chimique du sol, nous présentons ici les conclusions du grand travail que MM. Frémy et Dehérain ont entrepris et dont nous avons déjà parlé :

1° Les betteraves peuvent arriver à un développement normal dans un sol absolument privé d'humus à la condition d'être arrosées régulièrement et de recevoir des engrais renfermant de l'azote, de la chaux, de l'acide phosphorique et de la potasse;

2° Si nous ne considérons que le développement de la betterave, la forme sous laquelle l'azote est employé, paraît presque indifférente; l'azotate de soude, l'azotate de potasse, le sulfate d'ammoniaque, la matière organique azotée, exercent tous une action manifeste;

3° Les betteraves cultivées dans un sol artificiel agissant comme un support, et alimentée par des engrais chimiques convenablement choisis, peuvent contenir jusqu'à 48 p. 100 de sucre;

4° La nature chimique du sol ne paraît pas exercer d'influence sensible sur le développement des betteraves. MM. Fremy et Dehérain ont obtenu les mêmes résultats dans des sols formés de silice pure, de calcaire ou d'un mélange de silice, de calcaire et d'argile;

5° Les faits observés établissent que les betteraves riches en sucre sont pauvres en matières albumineuses, tandis que les betteraves qui contiennent une forte proportion de substance azotée renferment peu de sucre. Si donc il est important, dans la culture de la betterave, de choisir avant tout une graine de bonne nature, il faut savoir aussi qu'on peut obtenir de mauvaises betteraves lorsque les bonnes graines sont semées dans un sol qui contient une proportion exagérée d'engrais azotés.

Les expériences de MM. Fremy et Dehérain établissent en outre les points suivants :

1° Des dissolutions salines présentant des compositions identiques, agissent tout différemment sur les betteraves suivant que les racines plongent dans les dissolutions mêmes ou suivant que celles-ci imprègnent un corps poreux;

2° En plaçant dans des conditions de sol, d'engrais, d'arrosages identiques des betteraves de races différentes, on obtient des racines de richesses très différentes aussi;

3° Un excès d'engrais azoté abaisse la richesse saccharine de toutes les betteraves; mais celles qui proviennent d'une excellente race conservent encore une quantité de sucre telle que leur traitement reste très avantageux;

4° Un excès d'engrais azoté appliqué sur les betteraves des races améliorées élève leur rendement à l'hectare et rend leur culture rémunératrice. Il élève aussi le rendement des betteraves à collet rose; mais il diminue leur teneur en sucre, et les fabricants ne peuvent les traiter sans s'exposer à des pertes sérieuses;

5° Pour produire sur une surface donnée le maximum de sucre dans des conditions avantageuses à la fois pour le fabricant et pour le cultivateur, il faut s'attacher avant tout au choix judicieux de la graine.

D'autre part, M. G. Ville résume ainsi les conseils qu'il donne aux agriculteurs :

1° Éviter l'emploi des matières animales, ou du moins ne les employer qu'à doses modérées et les associer alors aux engrais chimiques;

2° Avec les engrais chimiques complets, les betteraves sont plus riches qu'avec le fumier.

Il faut, dans la formule des engrais chimiques, porter la dose de l'azote à 80 ou 85 kilogrammes par hectare;

3° Si l'on veut associer les engrais chimiques au fumier, ne pas dépasser 20.000 kilogrammes par hectare répandus à l'automne et enfouis dans les couches profondes du sol. Répandre en couverture au printemps 800 kilogrammes d'engrais chimiques, puis herser vigoureusement avant de semer;

4° Donner à la production de la graine une attention particulière; éloigner

des porte-graines, par une rigoureuse sélection, les racines mal faites, trop grosses, et généralement toutes celles qui titrent moins de 14 p. 100 de sucre.

Enfin renouveler tous les deux ans les porte-graines.

#### FORMATION DU SUCRE DANS LA BETTERAVE

Les études de M. Violette sur ce point spécial font voir que si pendant la croissance de la betterave on lui enlève une certaine quantité de feuilles, la racine s'appauvrit en sucre; ce savant en conclut que non seulement l'effeuillage est une mauvaise pratique agricole, mais en outre que le sucre prend naissance dans la feuille, d'où il descend dans la racine, où il s'accumule.

M. Corenwinder ajoute que l'effeuillage appauvrit encore la racine pour une autre raison. Aussitôt, en effet, qu'on a enlevé les feuilles de la racine, celle-ci tend à en former de nouvelles, et pour les élaborer elle emploie le sucre qu'elle a déjà accumulé.

Les betteraves riches sont caractérisées par un tissu fibrovasculaire dominant sur le tissu cellulaire et par un feuillage abondant.

En examinant, en effet, une tranche de betterave coupée perpendiculairement à l'axe de la plante, on reconnaît sans peine que la racine renferme deux tissus de structure très différente. Si l'on regarde la tranche par transparence, on aperçoit des cercles concentriques foncés, formés par un tissu serré, entourés par un tissu translucide plus lâche, formé de cellules juxtaposées. Le tissu opaque par transparence, qui paraît plus clair au contraire par réflexion est formé par des vaisseaux qui descendent des feuilles dans la racine. On le désigne sous le nom de tissu fibrovasculaire. Il est très abondant dans les betteraves Vilmorin.

Si l'on compare leur structure à celle d'une betterave à collet rose, on reconnaîtra encore les deux tissus, mais ils y seront distribués en proportions très inégales; le tissu fibrovasculaire sera comme noyé au milieu d'une masse de parenchyme; le tissu cellulaire dominera beaucoup.

Or, si l'on détermine la composition de ces deux tissus, comme l'ont fait autrefois Payen, et plus récemment M. Dehérain, on reconnaît que le tissu fibreux est plus riche en sucre que le tissu cellulaire, qu'il est moins aqueux et moins azoté.

On voit d'après cela que plus la betterave renfermera de tissu fibreux, plus elle sera riche en sucre.

Les conclusions que M. Duchartre a tirées de ses études sur le même sujet sont les suivantes :

1° La formation d'un principe saccharoïde amidon ou glucose, dans les feuilles, et plus généralement dans les organes verts est le préliminaire de l'accumulation des matières de réserve : sucre, amidon, inuline, dans certains organes, tels que la racine de betterave;

2° Dans le cas spécial de la betterave, c'est à l'état d'amidon que se produit dans les feuilles l'hydrate de carbone qui, déjà dans le pétiole, se montre en grande quantité à l'état de glycose, et que l'action spéciale des cellules de la racine n'aura qu'à faire passer à l'état de sucre ou saccharose;

3° Il y a lieu de distinguer les organes de production première et ceux de dépôt. La racine de la betterave est un organe de dépôt pour le sucre, de même que le tubercule de la pomme de terre en est un pour l'amidon;

4° La proportion de saccharose dans la racine de la betterave se rattache à celle de l'amidon dans les feuilles de cette plante comme l'effet à la cause; par suite, l'effeuillage amoindrissant la cause, l'effet est diminué par cela même.

#### RÉCOLTE DE LA BETTERAVE

Pendant le cours de la végétation, la betterave est sujette à de graves maladies; le rachitisme est l'une d'elles. La plante qui en est atteinte se reconnaît à la petitesse et à la forme de ses feuilles, qui se contournent; ses racines se décolorent et la chair est entièrement dépourvue de saveur.

Les insectes lui livrent aussi une guerre acharnée. Quand la plante a pu échapper à ces causes diverses de destruction et que sa maturité est complète, le moment est venu de la récolter.

Aux approches de la maturité, les feuilles de la betterave, qui jusque-là avaient été fermes, droites et d'un beau vert, se couvrent de taches rouges, s'abaissent vers la terre et jaunissent. Il faut alors procéder à sa récolte.

Il est bon de l'effectuer un peu avant sa maturité, car le sucre alors est d'une extraction plus facile.

L'arrachage s'opère à l'aide d'une bêche. Un second ouvrier prend la plante, la secoue pour en détacher la terre et la met par rangs, les collets tournés d'un même côté, tandis qu'un troisième, armé d'une bêche tranchante, les coupe. Cette dernière opération s'appelle le *décolletage*; elle a pour but d'arrêter la végétation, qui pourrait se continuer au détriment de la matière sucrée.

La betterave est ensuite laissée sur le sol pendant quelques jours, si le temps est propice, afin de lui laisser perdre le plus possible la partie aqueuse qu'elle contient, puis elle est mise en tas et portée dans les magasins.

Les feuilles sont en partie destinées à nourrir les bestiaux et les collets à servir d'engrais à la terre.

L'emmagasinage est pour le fabricant une opération de la plus haute importance. Faite dans de mauvaises conditions, elle peut entraîner la perte entière de la récolte.

Le fabricant doit traiter ses betteraves au fur et à mesure que l'arrachage s'exécute.

La prudence exige que cette opération soit terminée avant les grandes pluies et les gelées.

#### CONSERVATION DES BETTERAVES

Soit que le fabricant adopte pour la conservation des betteraves, des caves, soit qu'il adopte des *silos*, il y a des précautions générales qu'il doit toujours prendre.

Dans aucun cas les betteraves ne doivent être amoncelées en gros tas, car alors elles s'échauffent, s'amollissent, et tombent en morceaux sous les dents de la

rape au lieu d'être réduites en pulpe fine. Il en résulte une grande perte au pressage sur la quantité et la qualité du jus.

La récolte rentrée trop humide tend à végéter dans les magasins, surtout si la température est douce. Cette végétation ne s'opère qu'aux dépens de la matière sucrée.

Il est aussi très important de soigner le transport des racines, d'éviter de les fouler aux pieds, de les jeter d'une trop grande hauteur; les betteraves, meurtries, deviennent en effet d'une conservation très difficile.

Si l'on admet que 600 kilogrammes de betteraves occupent environ l'espace de un mètre cube, on se rendra compte facilement de l'étendue à donner aux caves et aux silos pour une récolte connue.

Le moyen le plus généralement employé pour la conservation des racines et qui se présente comme le plus naturel et le plus simple est de les entasser en plein air, par lits de trois à quatre mètres de hauteur recouverts de paille pour l'écoulement des eaux.

L'inconvénient de ce système réside entièrement dans l'influence des gels et dégels, qui ne tardent pas à les faire entrer en putréfaction, et ce sont précisément ces changements de température dont il est urgent de les garantir.

Plusieurs fabricants conservent leurs betteraves en les enfouissant dans les champs mêmes où on les a récoltées. On dispose à cet effet des fosses appelées *silos*. Ce sont de longs fossés ayant ordinairement 1<sup>m</sup>,600 de largeur au niveau du sol, 1<sup>m</sup>,400 au fond et 1 mètre au plus de profondeur. Quant à leur longueur, elle varie suivant les localités. Dans certains endroits, la dimension n'est limitée que par la longueur du champ; dans d'autres, au contraire, cette longueur est partagée par des banquettes en terre de six en six mètres.

Mathieu de Dombasle donnait à ses silos 0<sup>m</sup>,30 de profondeur seulement. Ses fosses étaient rondes d'un diamètre de 1<sup>m</sup>,300 ou bien il leur donnait la forme d'un carré long dans les mêmes proportions. Il les emplissait en amoncelant ses betteraves au-dessus de la surface du sol, terminant les fosses rondes en cône, et les fosses longues par une toiture à deux plans sur une inclinaison telle que la terre ne fût pas entraînée par les pluies. Il recouvrait les silos d'une couche de paille, et sur cette paille on jetait la terre provenant du silo.

Il est important de veiller avec soin à ce que l'air puisse circuler assez librement dans la masse de racines, sans pourtant y avoir un trop grand accès. On doit également éviter que la température ne s'élève ou ne s'abaisse trop dans les tas. La meilleure température à maintenir en hiver pour la conservation de la betterave varie de 0 à + 6 degrés.

On a proposé, pour détruire tous les ferments qui occasionnent l'altération de la betterave et empêchent sa conservation indéfinie dans les silos, l'emploi de divers agents antiseptiques.

L'emploi de l'acide sulfureux peut donner de bons résultats.

Pour utiliser ce procédé, il suffit de construire les silos en forme de voûte avec des canaux d'aération ménagés à l'intérieur, puis recouvrir la totalité du silo d'une couche de terre assez épaisse pour supprimer toute variation de température à l'intérieur et permettre aux vapeurs sulfureuses de remplir toute l'atmosphère du silo.

Enfin, on peut aussi employer les cendres de lignite dont on recouvre complètement les betteraves ; ces cendres coulent dans les interstices que laisse l'empilage entre les betteraves et leur conservent une température uniforme.

Si on a lieu de croire qu'il y a fermentation dans un silo, ce dont on s'aperçoit par la vapeur qui s'en échappe et par l'affaissement du toit, il faut immédiatement l'ouvrir et enlever les betteraves altérées.

Dans la construction des silos, on doit éviter les infiltrations d'eau de source, car les betteraves qui croupissent se décomposent rapidement. On ne doit pas non plus rentrer au silo des betteraves attaquées par la gelée, elles ne s'y conserveraient pas.

A tous ces divers systèmes, on en substitue souvent un autre qui consiste à renfermer les récoltes dans des caves ou magasins que l'on aère chaque fois que le temps est sec et beau.

#### CONSERVATION DANS LES CAVES

En Russie, ces caves sont d'une contenance d'un million de kilogrammes, dans beaucoup de fabriques.

Ordinairement situées à proximité de la râpe, ces caves sont à trois étages formés par des clayonnages soutenus par des poteaux ; d'autres clayonnages verticaux servent à établir des compartiments autour desquels l'air peut circuler ; des cheminées en bois établissent de distance en distance un appel qui y maintient l'égalité de température.

A chacune des extrémités est un escalier à deux portes pour le service de la cave.

On a soin de disposer les betteraves par tas de 3 à 4 mètres au plus et on sépare les tas par des espaces qui permettent de surveiller les racines.

Le remplissage des caves se fait par l'étage supérieur où deux grandes portes sont établies pour l'entrée et la sortie des charrettes. Le toit est en chaume pour empêcher le froid de pénétrer.

#### TRANSPORT A LA FABRIQUE DE SUCRE

Un des grands inconvénients de la fabrication du sucre telle qu'elle se pratique aujourd'hui presque universellement réside dans l'isolement où se trouvent les fabriques la plupart du temps très éloignées des lieux de production de la matière première.

A l'origine, cette industrie était très répandue dans beaucoup de fermes surtout dans les départements du Nord où elle était considérée principalement comme annexe d'agriculture.

A cette époque, en effet, l'outillage et les procédés de fabrication étaient très simples, et l'application n'en avait lieu que dans les fermes dont les produits seuls alimentaient ces fabriques.

Le problème du transport des betteraves à l'usine ne s'est posé que beaucoup plus tard.

Actuellement la fabrique étant forcément éloignée de la plupart des champs

qui l'alimentent, les betteraves récoltées sur des points très différents doivent être amenées souvent de très loin aux râperies et à la fabrique elle-même.

Il en résulte des frais de transport considérables, des déchets et des avaries de la matière première pendant le trajet, et surtout des arrêts et des pertes de temps qui nuisent au travail.

En présence de ces difficultés, on s'est demandé s'il n'était pas possible de faire l'extraction des jus sur le lieu même de la récolte, puis de les envoyer économiquement et rapidement à l'usine centrale où ils sont travaillés et convertis en sucre.

### TRANSPORT SOUTERRAIN SYSTÈME LINARD

Cette question a été abordée et traitée avec succès par M. Linard.

A des distances variables de 4 à 10 kilomètres de l'usine centrale où se fabrique le sucre, on installe des ateliers spéciaux pour le râpage de la betterave et pour l'extraction du jus, qui prennent le nom de *râperies*.

La position de ces ateliers sera naturellement commandée par la production de la betterave, et ils seront construits dans une pièce de terre le plus possible au centre de la culture et des chemins qui la desservent. Ils comprennent l'outillage d'extraction du jus, c'est-à-dire la râpe, les presses, etc... Le tout mis en mouvement par une machine fixe ou locomobile.

#### CHAULAGE DU JUS

Au sortir des presses, le jus sucré est reçu dans des bacs en tôle où l'on ajoute une proportion de chaux suffisante pour prévenir toute altération, ce qui permet aux jus sucrés de voyager dans les tuyaux sans danger de fermentation.

On ajoute dans le jus 1 p. 100 de son poids de chaux réelle. Dans cette proportion, la chaux est totalement dissoute par le jus sucré ayant au moins 3 degrés de densité, et il n'y a à craindre ni altération du jus, ni dépôts calcaires dans les conduits.

#### BACS JAUGE

Le jus chaulé est aspiré par une pompe et refoulé dans la conduite en fonte qui, partant de la râperie est enterrée à 0<sup>m</sup>,800 de profondeur pour être préservée des gelées ; la conduite va jusqu'à l'usine centrale où elle déverse le jus dans des bacs réservoirs servant à contrôler la quantité de liquide transporté.

#### CONDUITE EN FONTE

Les tuyaux sont en fonte et de diamètres variant de 65 à 120 millimètres, suivant la quantité de jus à débiter et surtout suivant le profil et la longueur du chemin à parcourir.

Voici les principales données du transport :



DIAMÈTRE de la conduite	QUANTITÉ DE JUS fourni en 24 heures à la vitesse de 0 <sup>m</sup> ,400 par seconde	LONGUEUR occupée par 1.000 litres
—	—	—
mètre	hectolitres	mètres
0,065	1146	331,8
0,070	1330	259,8
0,075	1527	226,4
0,080	1737	198,9
0,085	1961	176,2
0,090	2199	157,2
0,100	2714	127,3
0,110	3284	105,4
0,120	3909	88,4

Les tuyaux doivent être en fonte très serrée, bien saine.

Les joints sont à emboitements et faits avec grand soin en corde goudronnée au-dessus de laquelle on coule du plomb refoulé ensuite avec un mattoir.

Il est très important d'avoir une bonne conduite et des joints parfaitement étanches, car le jus qui est refoulé peut valoir 25 francs les mille litres et la conduite peut en débiter 40.000 par 24 heures.

On ménage des robinets aux points les plus élevés de la conduite pour purger l'air et éviter les coups de béliet.

Les dépôts calcaires ne sont pas à craindre, la surface interne des tuyaux après plusieurs mois de service est plutôt décapée que recouverte d'un enduit quelconque.

Le jus qui a parcouru ainsi une conduite de dix kilomètres arrive à la fabrique non seulement exempt d'altération, mais il est même dans un état de demi-épuratlon due à l'action prolongée de la chaux, il est par suite d'un travail ultérieur beaucoup plus facile.

L'usine centrale est munie d'une citerne en maçonnerie ou en tôle destinée à recevoir le jus, lorsque pour une cause quelconque le travail dans cette usine se trouve momentanément arrêté ou ralenti.

## RAPERIES

Les râperies se construisent à des distances variables, mais le point préférable est celui correspondant à peu près à une distance de la grande fabrique double de celle que peut parcourir utilement un attelage au moins quatre fois par jour, aller et retour, soit à peu près 6 kilomètres.

La construction de la râperie en dehors de l'usine centrale constitue une faible augmentation dans la dépense en matériel.

Une râperie pouvant travailler 15 millions de kilogrammes de betteraves peut coûter environ 80,000 francs si elle se trouve à 6 kilomètres de l'usine centrale, le prix de la conduite de fonte portera ce total à la somme de 130,000 francs environ.

Il suffit de mettre en regard ce chiffre ou plutôt les intérêts et l'amortissement qu'il comporte, avec les prix de transport habituels pour voir qu'il y a grand intérêt à adopter ce système.

En résumé les principaux avantages sont les suivants :

1° Possibilité de créer de grandes usines en allant chercher des betteraves très éloignées, dans de bonnes conditions, et sans frais de transport appréciables :

2° Réalisation de grands engagements à long terme de la part des producteurs assurant l'approvisionnement à des prix modérés ;

3° Économie réelle sur les transports ;

4° Réduction considérable dans les frais d'entretien des routes ; suppression des subventions industrielles.

5° Possibilité de créer des usines sur les gares de chemins de fer, même dans des centres dépourvus de betteraves, et par conséquent réduction du prix de la houille et des prix de transport.

### TRANSPORT AÉRIEN

Dans certains cas, il peut être utile d'établir un système de transport beaucoup moins coûteux. On peut recourir pour cela au système aérien. Il consiste en un câble fixe en fer, incliné, fortement tendu et soutenu de distance en distance par des chevalets d'une hauteur variable au moyen desquels on règle l'inclinaison à volonté. Un treuil monte les paniers de betteraves au point culminant. De là ils glissent sur le câble, et abandonnés à eux-mêmes, ils arrivent facilement et avec une grande rapidité à leur destination.

La figure 20 représente un des chevalets en potence qui supporte une douille en cuivre, laquelle enveloppe le câble et qui est retenue par les deux mâchoires d'un coussinet en fonte, avec garniture intérieure en caoutchouc destinée à prévenir l'usure provenant des chocs qui se produisent au passage des paniers.

Le coussinet est fixé à l'extrémité du levier A rendu mobile autour d'une cheville de traverse et muni d'un contrepoids. A mesure que le panier s'avance il fait fléchir le câble et agit sur le levier ; c'est alors que le contrepoids se soulève et que le coussinet s'abaisse en augmentant la tension et l'inclinaison du câble et en accélérant sa marche qui pourrait être retardée par le frottement. Le coussinet franchi, le câble revient à sa position normale par l'action du contrepoids.

Le retour des paniers vides se fait sur un autre câble incliné dans un sens opposé.

Le câble reposant sur des chevalets mobiles, et le treuil lui-même pouvant facilement se déplacer, une manœuvre simple et aisée permet de placer tout le système dans l'endroit le plus propre au service des silos.

### TRANSPORTEUR HYDRAULIQUE RIEDINGER

Comme la figure 21 l'indique, ce système consiste à disposer au bas du silo qui renferme les betteraves un caniveau C où on les précipite. Elles y sont entraînées par un courant d'eau avec une vitesse de 4 mètre par seconde et arrivent au laveur en parties nettoyées déjà.

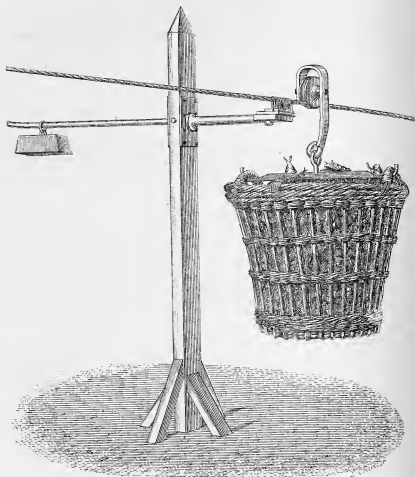


Fig. 20.

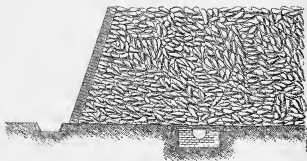


Fig. 21.

Ce système ne peut se placer que près de la fabrique de sucre, mais il offre certains avantages :

- 1° Le laveur est toujours approvisionné régulièrement;
- 2° Un homme et une fille suffisent pour alimenter une fabrique pouvant travailler jusqu'à 180.000 kilogrammes de betteraves par jour;
- 3° On travaille les betteraves dans l'ordre de leur mise en silo; on évite ainsi l'altération par échauffement si fréquent dans les silos les premiers faits qui sont souvent les derniers travaillés;
- 4° Enfin ce système assure le lavage complet des betteraves.

## FABRICATION DU SUCRE DE BETTERAVE

### COMPOSITION DE LA BETTERAVE

La betterave se compose d'une innombrable quantité de cellules entièrement fermées, différentes de grandeur et de forme, accolées, juxtaposées les unes aux autres. Avec le secours du microscope, on a pu en compter plus de 200.000 par centimètre cube.

Dans ces cellules, on rencontre le jus composé de sucre, de matières albuminoïdes, de sels, etc..., et quelques matières insolubles.

Ces cellules sont composées d'un tissu organique *imperméable* extrêmement ténu et néanmoins très résistant. Si on déchire toutes les cellules, soit en usant la betterave avec une lime douce, ou, par tout autre moyen, le jus en sort facilement et au lieu d'avoir un corps solide, on obtient un liquide trouble contenant fort peu de matières en suspension.

La composition de la betterave indique qu'il doit en être ainsi. Suivant Payen, cette racine contiendrait les substances suivantes :

Eau;  
 Sucre cristallisable;  
 Sucre incristallisable;  
 Albumine;  
 Acide pectique;  
 Ligneux ou cellulose;  
 Substance azotée soluble dans l'alcool;  
 Matière colorante rouge;  
 Matière colorante jaune;  
 Matière colorante brune;  
 Substance aromatique;  
 Matière grasse;  
 Malates de potasse, d'ammoniaque, de fer, de chaux;  
 Chlorure de potassium;  
 Azotates de potasse et d'ammoniaque;  
 Oxalate de chaux;  
 Phosphate de chaux;  
 Soufre, silice, oxyde de fer, etc...

Les analyses de betteraves varient d'ailleurs beaucoup suivant les localités et suivant l'âge de la plante.

En moyenne, on peut représenter la composition de la betterave par les nombres suivants :

Eau. . . . .	80,2
Sucre. . . . .	12,0
Matières organiques. . . . .	2,3
Sels. . . . .	0,6
Cendres. . . . .	0,1
Cellulose . . . . .	4,8
	<hr/> 100,0

Il y a donc 95 parties solubles contre 5 insolubles.

## NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA FABRICATION

Quoi qu'il en soit, pour cette fabrication, comme dans toutes celles qui ont pour but l'extraction d'un jus végétal utilisable, on peut établir les données fondamentales suivantes :

1° Il est nécessaire d'*extraire* le jus sucré ;

2° Ce jus, qui n'est pas assez pur pour donner son sucre à l'état cristallin par simple évaporation, doit subir une *purification* préalable ;

3° Il est nécessaire de le *concentrer*, de lui enlever l'eau dans une proportion suffisante pour que le sucre cristallise ;

4° On doit le soumettre à la *cristallisation* ;

5° Il est indispensable de *purifier* les cristaux obtenus en les *purgeant* des eaux mères ;

6° Les produits bruts doivent être *raffinés* ;

Pour satisfaire à ces divers desiderata, la fabrication en elle-même, proprement dite, présente les opérations suivantes :

1° Nettoyage et lavage des betteraves. Épierrage.

2° Secouage. Pesage.

3° Râpage. Ensachage.

4° Extraction du jus par l'une des trois méthodes suivantes : Pressurage. Macération. Diffusion.

5° Purification du jus. Défécation. Carbonatation.

6° Filtration.

7° Concentration du jus à l'état de sirop.

8° Purification du sirop.

9° Cuite du sirop.

10° Purgation du sucre.

11° Travail des bas produits. Traitement des mélasses.

12° Raffinage.

Dans les premiers temps de la fabrication du sucre, on employait pour l'extraction du jus le râpage et la pression, également aussi la macération (système Dombasle) qui s'applique aujourd'hui d'une autre façon sous le nom de diffusion. On employait aussi le déplacement des jus par la filtration de l'eau au travers de la pulpe et même la cuisson de la betterave et la pression directe en cet état.

Mais ce qui faisait absolument défaut à cette époque, c'étaient les moyens d'épuration.

Ce n'est qu'après 1830 que vinrent les perfectionnements importants : la filtration au noir, l'emploi du vide, les appareils de concentration à multiple effet, la carbonatation, etc...

Dès ce moment, la fabrication du sucre de betterave entrainait dans la grande industrie, en mettant la question agricole au second plan.

Si l'on compare les procédés actuels à ce qu'ils étaient jadis, on est frappé des progrès considérables qui ont été réalisés. Nous nous efforcerons d'en donner une idée aussi complète que possible dans la suite de ce travail.

Parmi les progrès les plus importants réalisés pendant ces dernières années nous citerons :

- 1° L'application générale du procédé d'extraction des jus par la diffusion ;
- 2° Le chauffage des jus diffusés avant leur envoi à la carbonatation ;
- 3° L'épuisement des écumes au moyen du lavage ;
- 4° La filtration mécanique des jus et des sirops dans toutes les phases du travail, avec ou sans emploi du noir ;
- 5° L'augmentation de puissance d'évaporation des appareils à triple effet ;
- 6° Une amélioration notable dans le traitement des masses cuites ;
- 7° La séparation des sirops d'égout de premiers jets pour faire rentrer les plus riches dans le travail des sirops ou des jus ;
- 8° L'extraction du sucre des mélasses par divers procédés ;
- 9° Le raffinage en sucrerie.

## NETTOYAGE ET LAVAGE DES BETTERAVES

Le nettoyage est exécuté généralement par des femmes qui ont pour emploi d'enlever les pierres et la terre attachés à la racine de la betterave, ainsi que les restes de collets et de radicules. En nettoyant la racine, les ouvrières en font le *triage* et laissent de côté celles qui par suite d'altération ne peuvent être utilisées. Elles fendent en morceaux pour faciliter l'action des râpes celles qui sont trop grosses.

*Lavage.* — Les racines sont ensuite lavées dans un appareil appelé laveur ou laveur épierreur et souvent précédé d'un élévateur.

Le système le plus simple est représenté figure 22.

La betterave est élevée du sol par une courroie sans fin en caoutchouc ou gutta-percha sur laquelle sont fixées des palettes en fonte, bois ou fer. Cette courroie est inclinée. La betterave, arrivée en haut, tombe dans le laveur.

La figure 22 représente un laveur à palettes en bois, monté dans une caisse en tôle à fond incliné, avec double fond intérieur percé de trous concentriques aux palettes. A la sortie du laveur, la betterave tombe dans un épierreur muni de bras en fonte qui la rejette à la râpe ou à l'élévateur de betteraves alimentant le coupe-racines.

Dans le procédé d'extraction par diffusion, on emploie des élévateurs inclinés avec courroies en caoutchouc ou des élévateurs verticaux pour monter les bette-

raves lavées jusqu'à une hauteur suffisante pour qu'elles viennent tomber dans le coupe-racines. Ces derniers ont des godets en tôle fixés à une chaîne.

L'élévateur incliné s'emploie également pour élever les cossettes sortant des diffuseurs, et celles provenant des presses à cossettes.

La diffusion, en effet, et tout spécialement, exige que la betterave soit parfaitement lavée et débarrassée de la terre adhérente pour maintenir les couteaux du coupe-racines en bon état, pour que la cossette soit irréprochable, sinon l'épuisement de cette dernière ne se ferait pas complètement.

En outre, s'il restait de la terre adhérente, on serait exposé à la fermentation butyrique dans les diffuseurs.

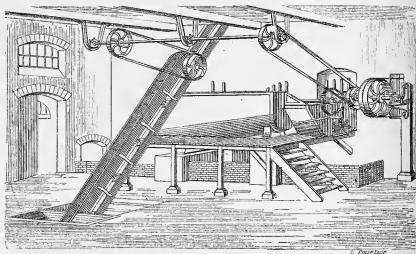


Fig. 22.

Le laveur ordinaire à palettes en bois est monté dans un bac en tôle incliné, ayant des pieds en fonte pour le supporter. Le bac est muni d'une trappe de vidange à levier à sa partie inférieure, et d'un double fond intérieur horizontal percé de trous. Ce bac reçoit deux paliers pour supporter l'arbre, dont un avec une butée; l'arbre dépasse de la quantité suffisante pour recevoir une commande par poulie ou par engrenage.

Le laveur à tambour comprend un bac en tôle incliné, ayant également des pieds en fonte et une trappe à levier. Le tambour est formé d'une tôle perforée rivée sur des croisillons en fer et fonte, calés sur l'arbre. Du côté de l'entrée des betteraves, le laveur est muni d'une trémie en tôle; du côté de la sortie se trouve à l'intérieur une hélice en fer à claire-voie. L'arbre du tambour est porté sur deux paliers fixés sur le bac en tôle; pour recevoir la commande, l'arbre du tambour est prolongé.

*Élève-épierreur Charpentier.* — L'un ou l'autre de ces laveurs peut être complété par un épierreur; la figure 23 représente l'élève-épierreur Charpentier qui comprend :

- A Vis en tôle fixée avec des boulons sur l'arbre en fonte d'une seule pièce.  
 Vitesse de 20 à 30 tours pour élever de 100.000 à 200.000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures.  
 B Séparation des pierres d'avec les betteraves.  
 C Bac en tôle.  
 DD Portes de vidanges.  
 EE Pieds en fonte.  
 F Bâti en fonte supportant l'arbre de commande.  
 GG Poulies folle et fixe de 0,400 de diamètre.  
 HI Roue et pignon.  
 J Grille en tôle.  
 K Crapaudine.

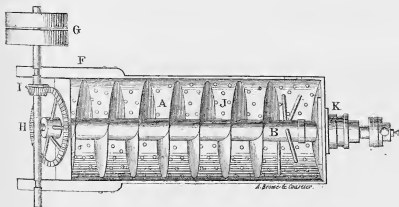
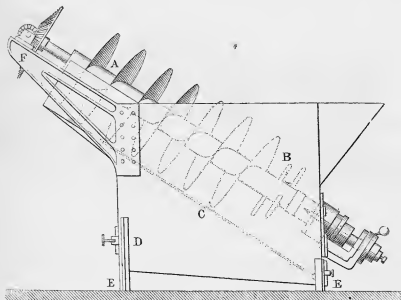


Fig. 23.

L'épierreux Colas est caractérisé par l'emploi d'une caisse à eau à deux compartiments séparés par une cloison n'occupant que la moitié de la hauteur



de la caisse et laissant un passage pour l'eau à sa partie inférieure. L'eau se répand dans les deux compartiments. La betterave à laver arrive dans le premier, puis passe par-dessus la cloison dans le deuxième compartiment qui est fermé par une grille à la hauteur de la cloison. Un arbre vertical à palettes hélicoïdales placées au-dessous de la grille produit en tournant un violent courant d'eau entre les deux compartiments, d'où résulte l'agitation des betteraves sans que celles-ci soient touchées par les palettes. Les betteraves arrivant au-dessus de la grille sont enlevées comme dans les laveurs ordinaires, au moyen de bras mécaniques pour être envoyées à la râpe.

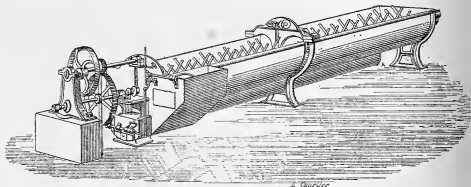


Fig. 24.

Le laveur *Fricourt* (fig. 24) est à bras en fer, à niveau constant, avec évacuation automatique des eaux boueuses. Ses organes lui permettent d'absorber d'un seul coup 700 kilogrammes de betteraves, et, le niveau de l'eau étant très élevé, le laveur n'est soumis qu'à de faibles efforts. Les racines surnagent et sont entraînées sans effort. Ces dispositions permettent de laisser les betteraves intactes, et la perte en petites racines est presque nulle.

## 2° SECOUAGE. — PESAGE

Bien que parfaitement lavées, les betteraves peuvent encore contenir quelques petites pierres. En outre, plusieurs inventeurs ont cherché à éliminer l'eau qui imprègne la betterave après son séjour prolongé dans le laveur.

Un appareil assez souvent employé dans ce but est le *secoueur-brosseur Lefèvre et Denis*. Il comprend essentiellement une série de brosses cylindriques parallèles et tournant dans le même sens.

Ces brosses, garnies de fortes baleines, sont disposées entre deux bâtis en fonte, et animées d'un mouvement de rotation.

Les betteraves sortant du laveur tombent sur le secoueur, qui les essuie, les nettoie et les transporte au pesage. Les parties barbuées des brosses frottent les racines en les tournant sous toutes les faces. Après ces mouvements multiples, les betteraves arrivent parfaitement séchées et nettoyées jusqu'à la trémie de pesage.

Depuis la promulgation de la nouvelle loi sur les sucres, le pesage exact des betteraves à leur entrée dans l'usine a pris une grande importance. Plusieurs systèmes ont été recommandés par l'administration. Les fabricants acceptent l'un ou l'autre sans difficulté.

Les deux systèmes que nous représentons figures 25 et 26 se comprennent d'eux-mêmes sans qu'il soit besoin d'explications plus amples.

### 3° RACLAGÉ — ENSACHAGE

Les betteraves lavées sont amenées à la râpe qui doit les réduire en pulpe aussi menue que possible. Le rendement est d'autant plus grand que les racines sont mieux bûchées.

La râpe a été l'objet d'actives et heureuses recherches auxquelles ont plus particulièrement contribué MM. Champonnois, Cail, Joly et Camus, Lampadius, etc.

En général une râpe consiste en un cylindre garni d'un grand nombre de lames de scie toutes parallèles à l'axe du cylindre sur lequel elles sont fixées. L'axe du cylindre repose sur un bâti, et l'une des extrémités porte un pignon denté engrenant avec une autre roue qui lui transmet un mouvement de rotation.

M. Cail a cherché à en régulariser l'action tout en augmentant l'effet utile. Pour cela, il ne commande plus directement les poussoirs par un simple arbre coudé qui en fait varier la vitesse en avant, mais par des lames en spirales qui, la rendant constante, assurent à la pulpe une grande régularité. Puis, par une disposition heureuse de leviers et de contrepoids, il ramène plus vivement les sabots en arrière et abrège le temps perdu.

MM. Joly et Camus, ont au contraire supprimé les poussoirs, tout en diminuant le nombre et la grosseur de ces petits morceaux de betteraves qui, échappant à la râpe, nuisent tant par leur résistance à la pression de la pulpe qui les entoure, et sont une si grande cause de détérioration des sacs.

C'est, à l'aide d'une trémie courbe ayant en largeur toute la longueur du tambour et l'embrassant sur le tiers environ de sa circonférence, qu'ils y sont parvenus.

A sa partie supérieure, la trémie s'éloignant du tambour d'environ 0<sup>m</sup>,200, forme avec lui une gueule par où s'engagent les betteraves, tandis que s'en rapprochant à la partie inférieure jusqu'à devenir presque tangente, elle ne permet guère qu'à la pulpe de passer.

Klusemann a aussi évité les poussoirs dans la disposition que représentent les figures 27 et 28.

La trémie B reçoit les betteraves venant du laveur, et s'enfoncent en repoussant le volet V.

Le cylindre C porte des cannelures dont les saillies sont tangentes aux dents de la râpe R; les betteraves sont saisies par l'une de ces cannelures.

Les betteraves inférieures maintenues par le poids des supérieures se trouvent ainsi et rapprochées de la râpe. Un pignon F commande la roue D

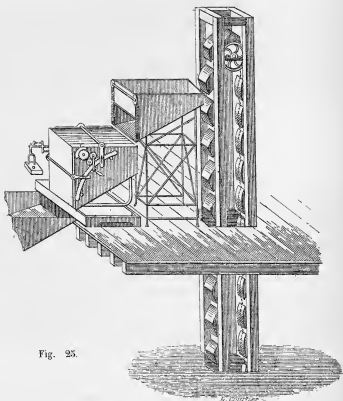


Fig. 25.

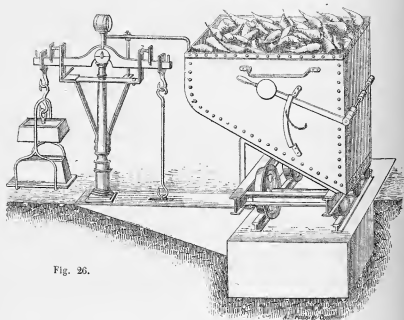


Fig. 26.

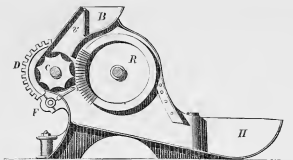


Fig. 27.

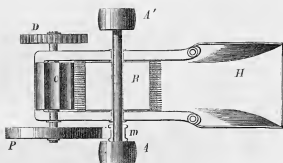


Fig. 28.

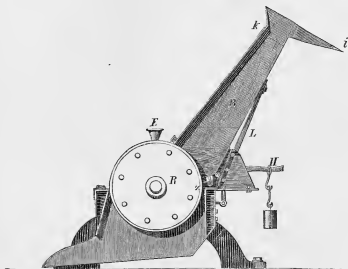


Fig. 29.

sur l'axe de laquelle se trouve calée la poulie P qui reçoit le mouvement du manchon *m* faisant tourner la râpe R en sens inverse du cylindre C.

La râpe de Julius Robert de Seelovitz est encore plus simple.

Comme on le voit (fig. 29) les betteraves sont amenées dans une longue trémie B.

L'ouverture de cette trémie est assez étroite, mais son corps s'élargit de plus en plus. Les betteraves, par leur poids, forment une charge suffisante pour appuyer fortement les racines inférieures contre la râpe elle-même R. Si un corps dur se trouve par hasard interposé, le double levier L H permet de retenir les betteraves dans la trémie en la fermant par une valve, pendant que l'on peut extraire le corps dur. Une rigole E sert à arroser la râpe pendant son fonctionnement.

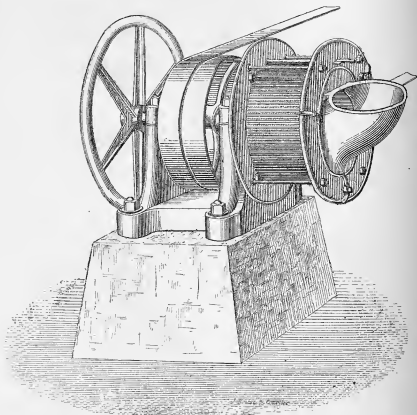


Fig. 30.

L'organe principal de la râpe de M. Champonnois est aussi un tambour (fig. 30 et 31) cylindrique garni de lames d'acier dentées en scie et disposées suivant des génératrices équidistantes; mais la denture ici fait saillie à l'intérieur dans la concavité de la surface. Le tambour, au lieu d'être fixé par ses deux fonds à un arbre tournant qui l'entraîne dans sa rotation, est assujéti sur

un fond immobile solidaire avec le bâtis; ce dernier porte les paliers sur lesquels repose l'arbre en fer horizontal qui reçoit de la machine motrice le mouvement de rotation.

Cet arbre se prolonge un peu au delà du palier le plus voisin du fond fixe, de manière à pénétrer de quelques centimètres dans l'intérieur du tambour dont l'axe est sur le prolongement de l'axe de l'arbre.

Sur le bout de l'arbre qui dépasse le palier et le fond fixe, est calée de manière à faire invariablement corps avec lui une pièce en fer, dont la section par celui des plans méridiens du tambour qui la divise en deux parties symétriques offre la forme d'une palette rectangulaire dont deux côtés rasant les fonds parallèles du tambour et les deux autres côtés son contour interne avec un jeu suffisant pour qu'il n'y ait ni frottement contre les fonds, ni choc de la denture saillante des lames par les bords de la palette tournante. Cette palette n'est point entière. La partie de son contour la plus voisine de la surface cylindrique du tambour et du fond fixe traversé par l'arbre tournant auquel elle est assujettie subsiste seule, tout le reste est enlevé par une large échancrure qui part du côté rectangulaire le plus éloigné du fond fixe et ne s'arrête qu'à la rencontre de l'arbre tournant sur lequel elle est calée. En définitive, au lieu d'une palette diamétrale, il ne reste qu'une sorte de fourche à deux branches évasées en forme d'U, emmanchée au bout de l'arbre et tournant dans le tambour fixe dont elle occupe successivement tous les méridiens. Cette pièce n'est pas en réalité une palette mince, mais bien une plaque épaisse de plusieurs centimètres dont le contour externe dans la partie qui rase la surface cylindrique du tambour, a été tourné et poli suivant une surface cylindrique concentrique, d'un diamètre un peu moindre. Une fois le tambour mis en place et assujéti à son fond fixe, on lui adapte le deuxième fond parallèle au premier. Celui-ci se réduit à une plaque annulaire dont la largeur est à peu près égale à la hauteur qu'on a laissée aux deux branches de la fourche emmanchée sur l'arbre. Toute la partie centrale de ce fond reste libre. Cette ouverture est le débouché d'un canal recourbé par lequel les racines, avec la quantité d'eau nécessaire, arrivent d'une façon continue dans l'intérieur du tambour fixe.

L'arbre recevant un mouvement de rotation les branches de la fourche soulèvent et entraînent, à mesure qu'elles arrivent, les racines qui restent appliquées et pressées contre la surface interne du tambour fixe, par l'action de la force centrifuge. Dans ce mouvement d'entraînement avec pression, elles sont déchirées par les dents saillantes des lames.

Dans les râpes ordinaires, c'est le tambour armé de lames dentées qui tourne et attaque les racines.

Dans la râpe Champonnois, la palette fourchue tourne et le tambour râpe est immobile.

Cette disposition fait disparaître les inconvénients des râpes ordinaires.

La pression des racines contre la surface râpante ne dépend plus de contrepoids, de ressorts ou de l'ajustement plus ou moins parfait des pièces de l'appareil, mais uniquement de l'action de la force centrifuge.

L'introduction accidentelle d'une petite pierre dans la râpe peut détériorer

les dents des lames, mais non donner lieu à des avaries graves, comme il arrive dans les râpes ordinaires.

La finesse de la pulpe obtenue est remarquable; mais il arrive souvent que les lumières sont obstruées par des incrustations très dures, et l'appareil cesse alors de fonctionner. Dans ce cas, il faut sortir le tambour et le chauffer en introduisant simplement à l'intérieur une plaque de tôle portant quelques charbons incandescents.

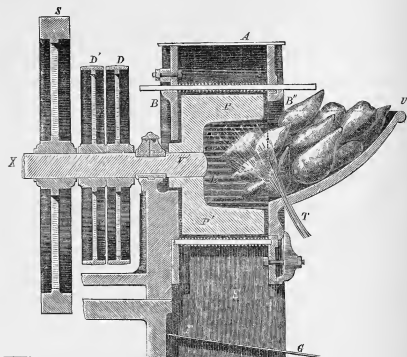


Fig. 31.

Les parties principales de l'appareil représenté (fig. 31) sont les suivantes :

- A Enveloppe entourant le tambour à une certaine distance sur une partie de sa circonférence pour empêcher la projection des matières.
- B Fond immobile et solidaire avec le bâti et auquel est assujéti le tambour L.
- L' Tambour cylindrique fixe formé de lames d'acier dentées.
- P Palette fourchue en forme d'U.
- VX Arbre moteur.
- D'D Poulie fixe et poulie folle.
- S Volant.
- U Trémie dans laquelle arrivent les betteraves.
- E Sortie de la pulpe.
- T Arrivée d'eau.

La pulpe tombée dans le réservoir est le plus souvent enveloppée dans des sacs de toile. Ces sacs, refermés avec soin, sont placés l'un contre l'autre et on

interpose entre eux une claie en osier ou mieux une lame de tôle. Quand ils sont ainsi disposés, on les soumet à l'action d'une presse.

Tout d'abord, cette petite opération paraît peu pénible. Cependant, il n'en est rien; par les mouvements rapides et répétés qu'elle exige, elle finit par fatiguer beaucoup les ouvriers.

MM Joly et Camus se sont occupés d'améliorer cette partie du travail. Pour y arriver, ils emploient une pompe qui, aspirant la pulpe qu'elle puise dans un réservoir où elle arrive sans cesse et la refoulant à chaque oscillation en quantité nécessaire, est chargée de remplir les sacs.

#### 4<sup>e</sup> EXTRACTION DU JUS

##### PREMIÈRE MÉTHODE. — PRESSURAGE

Le jus de betterave après le râpage est sujet à une prompte altération. Il peut se former du sucre interverti, des acides libres, etc... Il importe donc que la pulpe soit pressée avec célérité.

On peut employer divers genres de presses : la presse à vis, la presse à coins, la presse à vapeur, la presse hydraulique, la presse continue.

Il faut en général que la pression soit graduée avec soin pour obtenir un maximum d'effet.

La première condition à laquelle doit satisfaire une presse, c'est la *solidité*. Elle doit pouvoir résister sans usure sérieuse à tous les efforts auxquels son emploi la destine.

En travail normal, il faut qu'elle se comporte comme toute machine, turbine, moteur à vapeur, etc..., moyennant les soins ordinaires de graissage et de propreté. En cas d'avarie par accident, sa réparation doit pouvoir se faire facilement par les ouvriers ordinaires de la fabrique.

La surface filtrante, partie essentielle et délicate de la machine, doit présenter des lumières étroites, afin qu'il ne s'en échappe que le minimum de pulpe fine; ces lumières doivent pouvoir être rétablies, en cas de déchirure par des sables, sans que cette nécessité se présente trop souvent.

Le métal qui forme cette surface, doit donc être sûr, afin que les lèvres qui forment les lumières, puissent résister à l'érosion.

Il faut enfin que ces lumières aussi fines que possible à la surface, s'évasent et s'élargissent rapidement à l'intérieur, pour que les matières gommeuses qui se fixent aux parois puissent facilement s'en détacher sans exiger un trop grand effort de la pompe, et que la perméabilité soit maintenue.

Dans ces conditions de résistance au travail, de perfection et de constance dans la perméabilité de la surface, le degré d'expression et de désucrage de la pulpe n'est plus qu'une question de râpage et de macération ainsi que d'activité dans le débit.

La suppression des presses hydrauliques n'est plus en question, aussi insisterons-nous fort peu sur ces engins, nous réservant de parler beaucoup plus longuement des presses continues, bien que le développement si grand du pro-



cédé par diffusion tende journellement à rendre leur emploi beaucoup moins fréquent.

Nous rappellerons en quelques mots les diverses opérations que l'on pratiquait autrefois avant l'adoption des nouveaux appareils dont nous venons de parler.

**Presse à préparer.** — Une fois ensachée, la pulpe passait d'abord sous la presse préparatoire, où elle perd 50 p. 100 de son jus et prend assez de consistance pour qu'à la presse à finir, les piles de sacs ne se déformant plus puissent être serrées à fond.

Les presses à préparer étaient de trois types : la presse à vis, la presse à vapeur, et la presse hydraulique à mouvement rapide, mais à faible pression.

La presse à vapeur emprunte son mode de va-et-vient à celui du marteau-pilon, sauf qu'elle ne fait qu'appuyer sans marteler. En cela, elle est supérieure à la presse à vis, parce que sa pression est constante, mais aussi elle crève souvent les sacs.

Quant à la presse hydraulique, elle doit sa rapidité au diamètre et à la course de sa pompe et surtout à un compensateur qui n'est autre chose qu'un long piston chargé d'un poids très lourd qui se soulève pendant le temps où la presse ne travaille pas, et emmagasine ainsi de la puissance qu'il livre aussitôt qu'on met la boîte de refoulement en communication avec celle de la presse elle-même.

**Presse à finir.** — Les presses à finir sont des presses hydrauliques ordinaires. Leur travail est régulier. Les sacs, après avoir subi la première pression, sont soumis à une pression maximum de 300,000 kilogrammes, maintenu pendant plusieurs minutes. Le rendement en jus peut atteindre 80 p. 100.

Le jus sortant de la presse est laiteux, avec une nuance blanc rosé ou blanc jaunâtre. Il s'altère promptement et sa décomposition s'annonce par une teinte violacée qui vire au brun, et par la consistance huileuse du liquide épaissi.

Cette tendance à la décomposition nécessite une grande rapidité dans la fabrication pour éviter des pertes parfois considérables.

Nous donnons (fig. 32), la représentation de la presse hydraulique perfectionnée de M. Lallouette. C'est la plus puissante qui existe pour la repression des pulpes provenant des presses continues. Son débit est de 30.000 à 40.000 kilogrammes par journée de travail. Trois femmes suffisent pour conduire quatre presses. Elle est employée également pour la pression des cossettes sortant des diffuseurs et donne une pulpe sèche d'une bonne conservation qui satisfait complètement la culture.

Cette presse est hydraulique, avec addition d'un coffre dans lequel on charge le pressin au moyen d'une pompe. Elle est munie d'un distributeur mécanique qui amène les charges dans le coffre.

Elle se compose essentiellement d'une presse hydraulique ordinaire avec addition d'une caisse en fonte dite caisse de pression, mobile au moyen de deux petits pistons hydrauliques adaptés au sommet inférieur de la presse.

La caisse de pression est solidaire de la gouttière qui reçoit les jus exprimés

par la pression ; à l'intérieur se meut, avec un jeu suffisant, le plateau presseur de la presse hydraulique.

Voici comment fonctionne l'appareil : la caisse étant dans sa position inférieure, laisse un vide de 0<sup>m</sup>,300 entre elle et le dessous du sommier supérieur de la presse. Ce vide permet de la remplir de couches de pulpe espacées par des

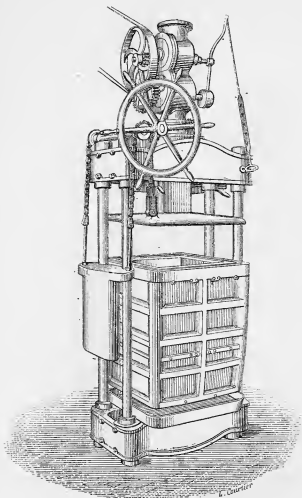


Fig. 32

serviettes. La pulpe arrive mécaniquement par l'ouverture percée dans le sommier supérieur. Quand elle est pleine, les petits pistons hydrauliques, par une manœuvre de robinets, la montent contre le sommier supérieur de la presse, sous lequel elle fait joint à l'aide d'un caoutchouc. A ce moment, le plateau presseur monte et la masse de pulpe est pressée ; le jus filtre et coule à travers des

toiles métalliques perforées qui garnissent les grillages de la caisse de pression. Ces grillages, mis à jour par la forme spéciale de la caisse, permettent de constater le fonctionnement de la pression en même temps qu'ils facilitent le nettoyage.

La pression achevée, une manœuvre de robinets fait descendre la caisse et

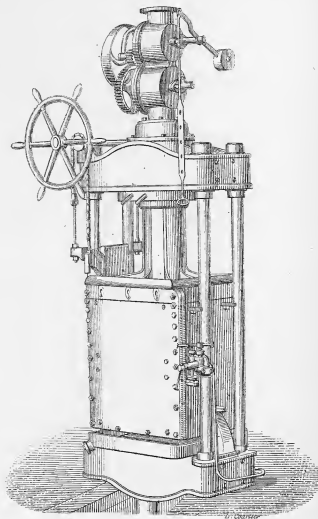


Fig. 32 (*bis*).

desserre le tourteau de pulpes et de serviettes, qui est rejeté d'un bloc hors de l'appareil.

Les principaux avantages de cette presse résident dans l'accélération du travail, dans l'économie d'une main-d'œuvre très pénible et dans une grande facilité d'installation et d'entretien.

Nous avons dit que cette presse était aussi employée pour la repression des pulpes provenant des presses continues; bien que nous n'ayons pas encore parlé de ces dernières, nous dirons ici quelques mots des pertes de sucre qui peuvent se produire en cours du travail de pressurage.

La première perte est représentée par la richesse en sucre des pulpes de betteraves.

La teneur moyenne des pulpes est d'environ 2 p. 460 du poids des betteraves. Pour arriver à faire rentrer ce sucre dans la fabrication, la repression des pulpes est la méthode la plus directe. On peut dire que le système de la repression des pulpes procure le double avantage de diminuer les frais d'évaporation et d'augmenter le rendement en masse sucrée.

Les presses hydrauliques, malgré les importants services qu'elles ont rendus pendant de longues années à l'industrie du sucre, présentent des défauts graves que l'on a cherché à éviter par l'emploi des presses continues. On en a imaginé en très grand nombre. Nous décrirons seulement les principales.

**Presses continues.** — Les appareils hydrauliques ou autres utilisés avant l'emploi des presses continues nécessitaient une main-d'œuvre considérable, un matériel très dispendieux. C'est une des parties de la fabrication du sucre qui laissait le plus à désirer, tant sous le rapport de l'économie que de la facilité d'exécution. Les sacs, en effet, s'usent rapidement et sont une cause d'altération du jus s'ils ne sont pas parfaitement nettoyés plusieurs fois par jour. De plus le remplissage des sacs, leur transport à la presse, leur empilage nécessitent un travail long et coûteux.

Les presses continues imaginées pour remédier à ces inconvénients sont, avons-nous dit, en nombre considérable. Les premières dont les principaux types sont les appareils Manuel et Socin, Poizot, etc..., diffèrent des secondes en ce que leur surface filtrante est organique, la pression y est obtenue au moyen de rouleaux opérant successivement.

**Presse Poizot et Bruelle.** — Dans ce système, comme dans le traitement ordinaire, on emploie deux toiles à mailles ouvertes pour loger la pulpe, la presser et filtrer le jus; mais au lieu de diviser l'opération, de la conduire d'une manière *intermittente*, en employant un grand nombre de sacs distincts qu'on remplit *isolément* et qu'on soumet par groupes *séparés* après intercalation de claies en fer, à l'action de presses hydrauliques, l'opération dans cette presse est *une et continue*.

Deux toiles sans fin en laine reçoivent d'une *manière constante* la pulpe de betterave. Ces deux toiles entraînées dans un mouvement de *circulation sans arrêt*, conduisent la pulpe qui se trouve écrasée entre deux cylindres presseurs.

Une disposition spéciale *ferme* les deux toiles sur les côtés pendant le parcours et pendant l'écrasement, et leur fait affecter ainsi la forme d'un *sac permanent* qui maintient la pulpe et l'empêche de déborder.

Tandis qu'avec l'ancien mode de pression il faut vider et laver les sacs les uns après les autres, ici, l'une des toiles, celle au travers de laquelle le jus a

Arrivée de pulpe

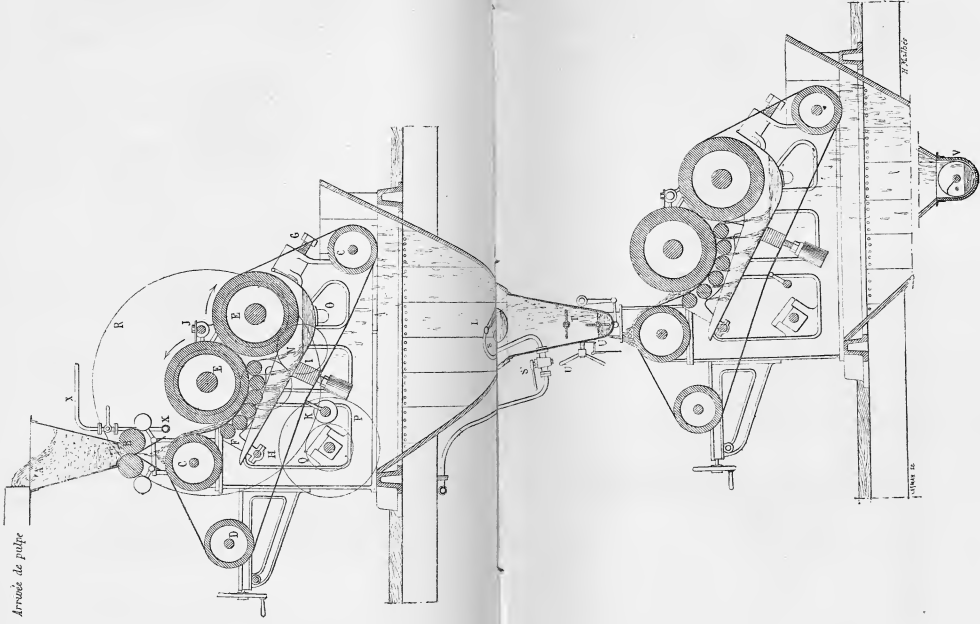


Fig. 33.

filtré, retient la pulpe dépouillée, l'abandonne sous l'action de battants, puis la laisse tomber sur un tablier qui l'emporte.

Si l'on veut laver et nettoyer les toiles, on arrête l'alimentation de la pulpe, et on laisse couler la quantité d'eau nécessaire qui se trouve ensuite exprimée et expulsée par la circulation même des toiles entre les cylindres.

Notre figure (33) représente une modification du premier système que nous venons d'indiquer; une des toiles a été supprimée, une seule subsiste et fait un aussi bon travail.

La légende suivante fera bien comprendre le fonctionnement de l'appareil.

- E E' Laminoirs ou presseurs horizontaux.
- C Rouleau emmèneur.
- D Rouleau de retour.
- F Six petits rouleaux pressant d'abord la pulpe et sur lesquels la plus grande partie du jus est extraite.
- J Râclette retenant la pulpe qui pourrait être entraînée par le presseur E dans la pulpe fraîche.
- K Tige horizontale animée d'un mouvement très rapide, forçant la toile à des secousses qui empêchent la pulpe de rester adhérente à la toile.
- L Trémie où tombe la pulpe pressée.
- N Auge où s'écoule le jus exprimé par les rouleaux F et les presseurs E E'.
- T Palette qui malaxe la pulpe pressée une première fois.

Cette pulpe tombe ensuite sur une seconde presse semblable à la première, où elle subit une repression, pour être définitivement emmenée au magasin.

En résumé, les avantages propres à cette presse sont : une diminution importante dans la main-d'œuvre; une pureté plus grande des jus; enfin, une dépense de force motrice beaucoup moins grande.

**Presse Manuel et Socin.** — Dans cet appareil, représenté figure 34, les pressions sont légères, successives et graduées.

Les points nouveaux sont les suivants :

1° Emploi d'une toile en poil de chèvre dont les parties flottantes tamisent le jus extrait et retiennent les pulpes folles.

2° Application d'un tendeur formé d'une corde enroulée en hélice, moitié à droite et moitié à gauche, du milieu à chaque extrémité du cylindre conducteur de la toile.

3° L'ensemble de la presse comprend des grattoirs à contrepoids, des tuyaux injecteurs d'eau entre les cylindres presseurs, des batteurs et nettoyeurs de la toile, etc...

Elle se compose de cinq cylindres pleins D établis sur un plan horizontal au-dessus de cinq cylindres inférieurs E perforés, placés sur un second plan, également horizontal, et s'appuyant l'un sur l'autre exactement, ne laissant entre eux que l'espace nécessaire au passage d'une toile sans fin B B'.

La pulpe provenant d'une râpe ordinaire et additionnée d'eau, arrive dans une trémie A munie à sa partie inférieure de deux petits cylindres distributeurs qui la font tomber sur la toile sans fin, laquelle la conduit entre les cylindres où la pression s'exerce successivement. Les deux premiers cylindres destinés à extraire le premier jus, ne touchent pas complètement les cylindres inférieurs correspondants; les autres sont en contact afin d'exercer toute la pression possible.

Ils peuvent toutefois se soulever par le jeu de coussinets à ressorts, dans le cas où ils rencontreraient un obstacle.

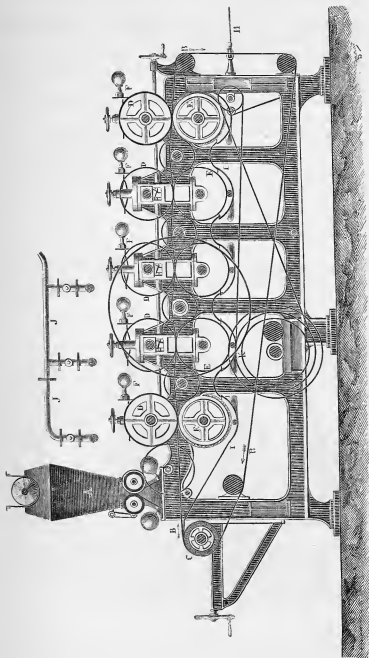


Fig. 34

On voit que le jeu de cet appareil est excessivement simple.

La toile sans fin est tendue par le cylindre C et par les rouleaux  $r$   $r'$   $r''$   $r'''$ . La baguette H exécute un battage rapide qui empêche l'adhérence de la pulpe.

Le mécanisme est fort simple; la pulpe est très fine et son épuisement par cette pression lente, graduée, énergique est complet.

Une presse de ce système peut débiter en vingt-quatre heures 80.000 kilogrammes de betteraves et une presse de deuxième pression suffit au travail de deux de première.

Le devis d'une installation pouvant travailler 300.000 kilogrammes en vingt-quatre heures peut s'établir ainsi :

6 presses à 14.000 francs . . . . .	84.000 fr.
Accessoires . . . . .	15.000 fr.
	<hr/>
Soit par tonne travaillée journellement . . . . .	330 fr.

Les autres frais sont par tonne :

Main-d'œuvre . . . . .	0 fr. 20
Dépense de toiles . . . . .	0 55
Lavage, réparations . . . . .	0 05
	<hr/>
	0 fr. 80

**Presse Champonnois.** — Cet appareil diffère complètement des précédents. Comme on le voit sur les figures (35, 36, 37), il se compose de deux

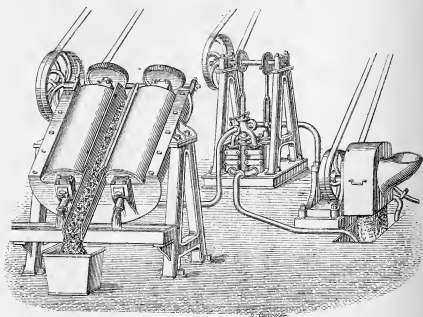


Fig. 35.

cylindres A en fonte, creux, parallèles et très rapprochés l'un de l'autre. Ces cylindres plongent à moitié dans une bache en fonte B qui laisse à découvert un tiers de leur surface; ils sont inclinés à 45 degrés.



Fig. 1 Coupe transversale.

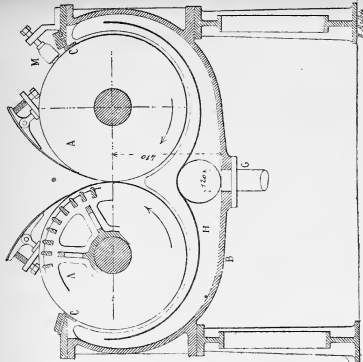


Fig 2. Coupes longitudinales  
1<sup>o</sup> Par un cylindre presseur  
2<sup>o</sup> Par l'axe de la cuve.

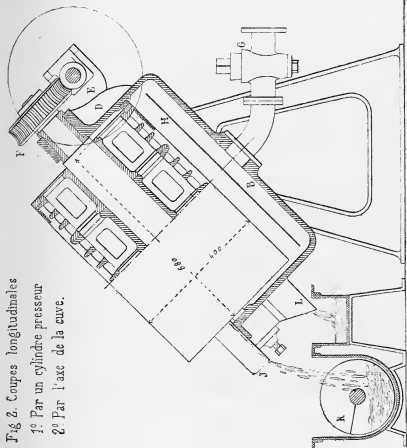


Fig. 36 et 37.

La surface intérieure de ces cylindres est formée d'un fil triangulaire en laiton enroulé, laissant entre chaque tour un jour de  $1/10$  de millimètre.

Une pompe aspirante et foulante puise le mélange de pulpe et de liquide à la sortie de la râpe et le comprime dans le réservoir où plongent les cylindres. Le jus passe donc entre ces fils de laiton et s'écoule par conséquent par l'intérieur des cylindres dans une bêche placée au-dessous de leur extrémité la plus basse L.

Les deux cylindres sont animés de mouvements contraires, de telle sorte que la pulpe devenue pâteuse tend à sortir du réservoir par l'intervalle laissé libre entre eux. Le liquide pendant ce mouvement continue à s'écouler dans l'intérieur des tambours, et la pulpe pressée sort sous la forme d'une feuille de carton qui s'engage dans une rigole faite de deux lames d'acier tangentes chacune à un cylindre. La pulpe entraînée par son poids tombe à la partie inférieure de la rigole où on la reçoit dans un caniveau K ou bien dans des paniers.

Les cylindres reçoivent leur mouvement d'un arbre portant deux vis E dont les pas sont tournés en sens contraire. Les vis font marcher des engrenages hélicoïdaux F placés sur les axes des tambours.

Malgré les petites dimensions des lumières laissées par le treillis en laiton, une petite quantité de pulpe très fine est entraînée avec le jus. Il suffit alors pour s'en débarrasser de faire filtrer le liquide au travers d'un tamis métallique très fin.

Dans certaines usines, on délaye dans une certaine quantité d'eau et l'on repasse le mélange à la presse continue. Dans d'autres fabriques, on préfère laisser un peu de jus dans les pulpes et ne les passer qu'une fois à la presse. Un seul ouvrier suffit pour conduire cet appareil.

L'atelier le plus simple se compose de deux presses de première pression et d'une de seconde pression.

Il débite 75.000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures.

Le prix de premier établissement pour un travail de 300.000 kilogrammes comprend :

12 presses à 5.500 francs . . . . .	66.000 fr.
Accessoires, pompes, élévateurs, hélices, dépulpeurs, etc. . . . .	20.000
Tuyauterie de cuivre . . . . .	4.000
Montage . . . . .	8.000
	<hr/>
	98.000 fr.
Le prix de la main-d'œuvre par tonne est de . . .	0 fr. 25
Entretien et réparations. . . . .	0    25
	<hr/>
	0 fr. 50

La quantité de pulpe produite par ces presses est de 33 p. 100 et si les betteraves travaillées contiennent environ 10 p. 100 de sucre, la pulpe en contient 3 p. 100.

**Presse Collette.** — La surface filtrante est constituée par une tôle

d'acier percée de trous ronds de moins de 4 millimètre de diamètre, fixée par un seul bout sur un cylindre en fonte et recouvrant son attache par le bout libre qui peut s'allonger sous l'effort du laminage. Le cylindre filtrant est surmonté de cylindres pleins qui effectuent la pression en plusieurs temps.

L'installation comprend des presses de première et deuxième pression avec leurs accessoires.

La pompe à pulpe est supprimée; elle est remplacée par l'introduction forcée de la pulpe dans la presse par un mécanisme consistant en un cylindre entraîneur en fonte muni de palettes mobiles en bronze, avec un poussoir mécanique, qui engage la pulpe sous l'action de ces palettes et force son introduction dans la capacité fermée, en contact avec les surfaces filtrantes des cylindres.

**Presse Lebée.** — Ce système est caractérisé par la constitution de la surface filtrante et par la disposition qui permet d'effectuer la double pression.

Les éléments de la surface sont de petits arcs de cercle en laiton ayant 0<sup>m</sup>,100 de longueur, frappés au balancier et garnis de bossages formant des pieds et des entretoises d'écartement. Ils sont soudés à l'étain par paquets. Ces paquets placés côte à côte sur le cylindre en fonte y sont maintenus par des barrettes fixées au moyen de vis. Cette surface n'étant pas continue, paraît peu susceptible d'être dérangée par le laminage et si quelque point en est altéré par le passage d'un corps dur, la réparation se borne au remplacement du segment ou paquet détérioré par un autre semblable.

La presse à double pression comprend deux cylindres filtrants de première pression et un seul cylindre filtrant accompagné de deux cylindres pleins pour la seconde pression (fig. 38).

La betterave râpée est injectée dans l'appareil par le tuyau C sous une pression d'environ quatre atmosphères. Elle est pressée une première fois entre les deux cylindres filtrants A, A', puis entre le second cylindre et un rouleau plein F revêtu de caoutchouc. La pulpe ensuite est humectée d'eau et entraînée par le second cylindre; elle s'engage entre ce second cylindre et un rouleau plein I, puis entre le troisième cylindre filtrant A'' et un rouleau plein M qui termine la pression.

Le jus filtré par le cylindre A'' étant faible, peut être envoyé à la râpe et remplacer l'eau que l'on y met ordinairement. Dans ce cas, la quantité de jus sera la même que celle obtenue dans les procédés ordinaires, mais le jus sera plus dense et plus riche en sucre.

**Presse Liebermann.** — Dans cet appareil, les cylindres qui sont en bronze ne reçoivent pas d'enveloppe rapportée. La surface même des cylindres de 15 millimètres d'épaisseur est fendue suivant des cercles dont l'orifice extérieur n'a que 1/10 de millimètre d'ouverture, ce qui donne au cylindre la perméabilité nécessaire.

La pression mutuelle de ces cylindres est assez grande pour réduire à 18 p. 100 le poids de la pulpe obtenue d'une seule pression, de sorte qu'avec l'addition d'eau ordinaire à la râpe, on extrait 90 p. 100 du sucre contenu dans la betterave, et l'on a une pulpe bien essorée.

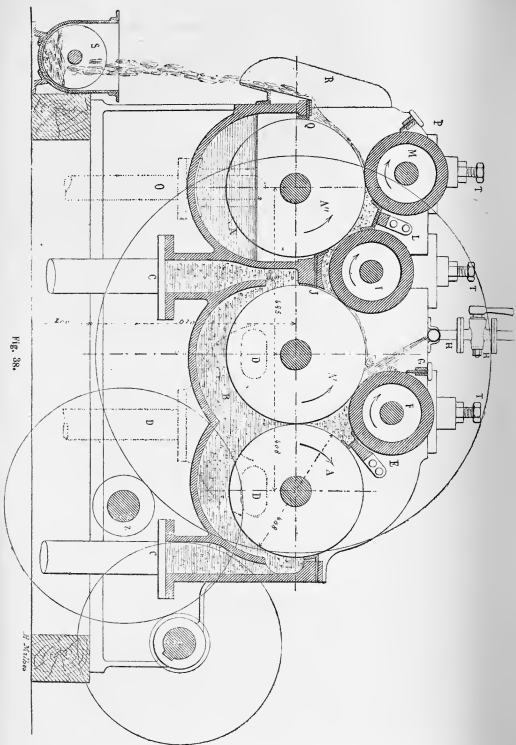


Fig. 38.

Le débit est régulier et s'élève à 3.000 kilogrammes à l'heure avec des cylindres ayant un diamètre de 0<sup>m</sup>,365 et une longueur utile de 0<sup>m</sup>,725.

**Presse Piéron.** — Qu'on se représente un cylindre en fonte muni intérieurement de cannelures circulaires, puis d'autres cannelures longitudinales disposées à la partie inférieure du cylindre pour faire communiquer les cannelures circulaires entre elles. Sur ces cannelures repose une toile filtrante percée de fentes évasées du dedans au dehors. Cette toile de 2 millimètres d'épaisseur est enroulée, mandrinée et soudée, de manière à former un tube parfaitement cylindrique que l'on introduit dans le cylindre en fonte et que l'on maintient fixe au moyen d'attaches.

À l'intérieur du cylindre, tourne, à raison de 10 tours par minute une hélice ou vis d'Archimède en bronze munie sur son pourtour de 42 râclettes à ressort, garnies de cuivre, servant à nettoyer continuellement la surface filtrante à l'intérieur. Ces râclettes peuvent se loger entièrement dans l'épaisseur de l'hélice. Elles n'agissent que par leur ressort. L'hélice est calée sur un arbre traversant les deux fonds du cylindre et tournant à ses deux extrémités dans des coussinets portés sur des chaises.

Une tubulure facilite l'entrée du pressin injecté par une pompe, sous pression, ou simplement distribué dans l'appareil par une trémie.

Le jus sort par la surface filtrante, et la pulpe est entraînée par l'hélice vers l'orifice de sortie, lequel est fermé par une soupape à ressort réglant à volonté la sortie de la pulpe.

Au-dessous du cylindre sont disposées les sorties des jus extraits. Un autre conduit pratiqué au centre de l'arbre de l'hélice et mis en communication avec le tuyau de distribution d'eau permet d'injecter de l'eau dans la pulpe en divers points.

Le rendement en pulpe est 25 p. 100 de la betterave.

**Presse Larocheaymond.** — C'est encore un système continu dans lequel l'entraînement de la pulpe a lieu entre deux plateaux horizontaux à surfaces inclinées l'une par rapport à l'autre, créant une pression graduée. Le plateau inférieur est mobile et filtrant; le plateau supérieur est fixe et non filtrant. Une enveloppe formée par les rebords de ce dernier plateau empêche la pulpe de s'échapper latéralement.

**Presse Dumoulin.** — L'organe principal de cette presse est un vase conique perméable composé de parties très résistantes et de parties filtrantes; à l'intérieur se meut un piston conique également, mais qui est plein. La pulpe est introduite dans l'appareil par la pression d'un monte-jus, elle remplit d'abord l'espace annulaire qui sépare le piston de l'enveloppe filtrante. Le piston descend alors et comprime les matières introduites; le jus s'écoule au travers du filtre, dans une enveloppe extérieure, et la pulpe forme entre les deux cônes un tourteau très mince; le piston se relève ensuite pour reprendre sa première position.

La vapeur est admise dans l'enveloppe extérieure, et sa pression se commu-

nique au travers des mailles du filtre, et les nettoie des débris qu'elles peuvent contenir en brisant le tourteau qui est repoussé contre le piston intérieur. En cet état, le robinet d'admission s'ouvre et permet l'introduction d'une nouvelle quantité de pulpe qui achève de pulvériser le tourteau déjà pressé, et le refoule dans la partie la plus étroite de la presse, puis l'action du piston recommence.

Par ce procédé le tourteau est repoussé puis évacué peu à peu par la partie étroite du cône. Dans ce mouvement les matières inertes sont reprises par l'appareil et peuvent, si on le veut, être pressées jusqu'à six fois de suite avant d'être expulsées.

Cette presse déjà ancienne a rendu autrefois de bons services.

**Presse Tissot** (fig. 39). — C'est un appareil à deux toiles sans fin entre lesquelles est mise la matière à presser qui passe successivement entre une série de cylindres pleins chevauchant, et finalement entre deux cylindres cannelés disposés pour permettre aux jus de s'échapper. Chaque toile est formée d'une toile grossière en crin servant d'appui à une toile plus fine.

Cette presse est bien conçue et disposée de façon à produire un grand effet utile en réduisant la main-d'œuvre et l'entretien. Le filtrage est bon et donne peu de mousse.

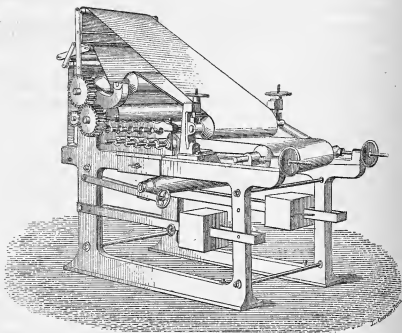


Fig. 39.

Le pressin est distribué par une vis, une pompe ou une noria sur la toile inférieure qui entraînée dans le mouvement entre celle-ci et la toile supérieure, forme ainsi un véritable ensachage comme dans la première disposition de la presse Poizot et Druelle.

La vitesse de ces toiles est d'environ 0<sup>m</sup>,900 par minute, permettant un contact du pressin entre les cylindres presseurs suffisamment prolongé.

Une puissance de 1 cheval-vapeur est suffisante pour passer 1.800 kilogrammes de pressin à l'heure sur une largeur de toile égale à 1<sup>m</sup>,200.

La pression est assez forte pour que 100 kilogrammes de betteraves additionnés de 35 p. 100 d'eau donnent un rendement moyen de 21 p. 100 de pulpe.

La conduite de cette presse est facile et exige la présence d'un seul ouvrier.

Nous donnons quelques nombres pouvant faire apprécier le travail de cet appareil comparativement avec d'autres presses.

	PRESSE Collette	PRESSE Tissot	PRESSE HYDRAULIQUE piston de 0 <sup>m</sup> ,300
Matières sèches totales. .	24,52	27,32	24,39
Humidité . . . . .	75,48	72,78	75,61
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00
Sucre pour 100 de pulpe .	7,35	6,68	8,62
Sucre pour 100 de ma- tières sèches totales contenues dans la pulpe.	29,97	24,54	35,34

**Presse Flament et Douffet.** — La presse continue de ce système se compose de deux cylindres laminoirs filtrants à axe horizontal.

La pompe aspire directement la râpure dans le bac de la râpe. Cette râpure traverse d'abord un couperet destiné à diviser ou arrêter les morceaux de trop grandes dimensions. Le corps de pompe est à double effet; il est muni d'un organe distributeur pour supprimer complètement les soupapes et les clapets. La râpure est refoulée directement à la partie inférieure de la presse, elle monte ensuite par deux canaux latéraux et se répand dans l'espace vide compris entre les cylindres filtrants et le bâti.

La surface filtrante est assez considérable pour permettre l'extraction de la majeure partie du jus, et la pression se termine par un laminage à la suite duquel on obtient une pulpe fine et sèche. Une vis d'Archimède entraîne la pulpe dans le magasin qui lui est affecté.

La surface filtrante des cylindres se compose de plaques en laiton laminé de 0<sup>m</sup>,005 d'épaisseur percées de 6.000 trous par décimètre carré, légèrement coniques.

Les plaques filtrantes sont fixées par une seule de leurs extrémités à l'ossature du cylindre. L'autre extrémité est libre pour permettre la dilatation.

Le jus filtré arrive à l'intérieur du cylindre et sort par une des extrémités à l'aide d'ouvertures ménagées dans le bâti.

Une presse de ce système, à deux cylindres de 0<sup>m</sup>,500 de diamètre faisant 5 tours par minute peut travailler journellement au moins 45.000 kilogrammes de betteraves.

**Extracteur-macérateur à triple pression, système Delloye, Cambier et Douffet.** — En principe, le système consiste à enlever au pressin râpé sans eau 50 à 60 p. 100 du jus pur, afin d'opérer

ensuite sur un poids réduit. Cette manière de faire permet un épuisement considérable en employant une petite quantité d'eau.

L'extracteur malaxeur représenté figure 40 se compose d'une presse continue à deux cylindres très puissants, dont la surface filtrante et la vitesse de rotation sont calculés suivant l'importance du travail à produire. La sortie de la pulpe laminée se fait dans un espace cylindrique clos placé au point de rencontre et à la partie supérieure des deux cylindres extracteurs. Dans cet espace cylindrique se meut une hélice jointive sur les parois. L'arbre de l'hélice se prolonge dans un malaxeur elos cylindrique relié directement, et placé dans le prolongement de la chambre de l'hélice; sur cet arbre sont calées des palettes destinées à malaxer la pulpe sortant de l'extracteur et envoyée dans le malaxeur par l'intermédiaire de l'hélice. L'eau ou le jus faible destiné au malaxage est envoyé dans le système au moyen d'une petite pompe. Le malaxeur est relié à son extrémité avec les presses de première pression qu'il alimente directement et sans l'intermédiaire de pompe à pulpe.

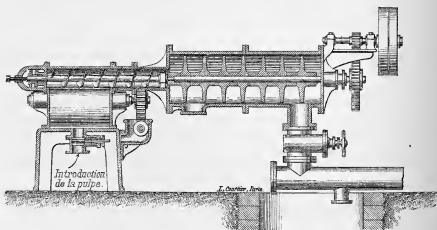


Fig. 40.

On voit que le fonctionnement de cet appareil est fort simple. Le pressin refoulé par la pompe s'engage entre les cylindres qui extraient 50 à 60 p. 100 du jus pur de la betterave.

La pulpe encore très humide, obtenue après ce passage dans l'extracteur est reprise par l'hélice qui la dirige dans le malaxeur. Dans son parcours des cylindres au malaxeur, la pulpe est soumise à l'injection du jus faible refoulé par la pompe; elle s'humecte, et elle est alors complètement préparée à subir avec avantage le malaxage par l'hélice.

L'arrivée continuelle de nouvelles quantités de pulpe chassées par l'hélice, oblige le pressin contenu dans le malaxeur à cheminer dans toute son étendue et à s'engager dans le tuyau des presses de première pression.

La pulpe sortant des presses de première pression est soumise, comme d'habitude, au malaxage et à la seconde pression.



Une sucrerie travaillant journellement 120.000 kilogrammes de betteraves par ce système peut obtenir 2.000 hectolitres de jus extraits par trois pressions exécutées, la première par une presse continue Flament et Douffet et par l'extracteur malaxeur, la deuxième par deux presses continues, et la troisième par deux autres presses continues du même système.

#### EXTRACTION DU JUS. — DEUXIÈME MÉTHODE. — MACÉRATION

Les presses sont des appareils coûteux ; leur maniement exige souvent une main-d'œuvre considérable, une force motrice importante ; aussi a-t-on cherché depuis longtemps à se passer de leur emploi, ou à le restreindre autant que possible.

\*Pour y arriver on a inventé plusieurs autres méthodes d'extraction du jus, tout d'abord la macération, puis la diffusion qui n'est qu'une variante de la première et qui est aujourd'hui très en faveur.

Mathieu de Dombasle est le véritable inventeur de la macération.

Ce procédé est basé sur les faits suivants :

1° Si l'on met à macérer dans l'eau froide ou tiède des racines de betteraves découpées en morceaux ou en tranches, l'eau ne se charge que d'une très petite quantité de matière sucrée, quelques minces que soient les tranches ;

2° Si l'on a préalablement détruit le principe vital qui réside dans les racines, soit par la dessiccation, soit par l'application d'un degré de chaleur suffisant, soit par l'action de la gelée, l'affinité s'exerce alors sans obstacle entre le liquide de la macération et la matière sucrée contenue dans les racines, en sorte qu'il s'opère un partage de la matière sucrée entre le liquide contenu dans les racines et celui dans lequel sont plongées les tranches. Ce partage se fait d'autant plus promptement que les morceaux ou les tranches sont plus minces ; il s'opère à froid, mais avec plus de promptitude quand on applique la chaleur.

D'après ce principe, si l'on découpe les betteraves en tranches minces, si l'on opère la coction de ces tranches par la vapeur d'eau bouillante ou par tout autre moyen, si l'on verse 100 litres d'eau sur 100 kilogrammes de ces racines, et si l'on maintient le liquide au degré d'ébullition pendant une demi-heure ou même moins, l'eau se chargera de la moitié environ de la quantité de sucre contenue dans les racines.

Si après avoir retiré le liquide de cette première macération, on verse une égale quantité d'eau sur les mêmes betteraves, cette eau se chargera encore de la moitié de la portion de matière sucrée qui restait dans les racines. Par de nouvelles macérations on pourra ainsi enlever aux racines jusqu'à la dernière molécule de matière sucrée. Quatre macérations successives suffisent pour que les racines qui ont été ainsi traitées aient abandonné presque tout leur sucre.

Depuis le brevet de Mathieu de Dombasle qui date de 1831, de nombreuses inventions ont surgi toujours basées sur les mêmes principes.

Le système de M. Champonnois consiste en une méthode de macération continue. Ainsi après avoir découpé les betteraves en tranches rubanées, ou en petits prismes carrés appelés *cossettes*, on place les tranches dans des cylindres percés de trous et ces cylindres dans des cuves placées circulairement autour

d'une grue. Ces cuves contiennent soit de l'eau, soit des vinasses servant à restituer les principes autres que le sucre. Après un temps donné, on enlève simultanément tous les cylindres chargés de pulpe, et on les fait passer dans la cuve suivante.

On fait passer ainsi successivement chacun des cylindres dans les douze cuves, et la pulpe étant alors épuisée est enlevée et remplacée par un cylindre chargé de nouvelle pulpe qui suit le même chemin.

**Procédé Schützenbach.** — Cet inventeur proposa de dessécher les cossettes pour pouvoir les conserver indéfiniment et les traiter pendant toute l'année. Il appliqua son procédé dans une immense usine de Gallicie, pouvant produire vingt millions de kilogrammes de sucre raffiné par an. Elle se composait d'une sucrerie centrale et de 14 sécheries placées autour de la sucrerie à plusieurs lieues de distance. La betterave produite autour de ces établissements y était séchée dans de vastes tourailles. Le résultat est une cossette renfermant près de la moitié de son poids de sucre. Transportées à l'usine centrale ces cossettes étaient lavées en vase clos et donnaient un sirop qui, évaporé à l'air libre, fournissait du premier jet du sucre raffiné. Ce système ne s'est pas répandu.

**Macérateur-filtre.** — L'emploi de cet appareil réduit de beaucoup les frais d'installation et donne de très bons résultats.

Ce procédé consiste à charger un vase dit *macérateur-filtre* avec de la pulpe, sortant de la râpe, qui joue le rôle de matelas filtrant. On fait passer les petits jus au travers de ce matelas filtrant et ils s'y enrichissent en se dépouillant du même coup de leurs pulpes folles pour sortir clairs et très purs.

Quand la pulpe est presque épuisée, on en termine la macération, en jetant dessus une certaine quantité d'eau qu'on laisse en contact pendant quelques minutes. Ce magma est ensuite porté aux presses continues, pour en exprimer le liquide ou petit jus qui sera introduit dans le *macérateur filtre* suivant, qui est également chargé de pulpe à épuiser.

Le travail s'effectue donc d'une manière continue, méthodique et rationnelle.

Ce procédé offre les avantages suivants :

1° Il fournit des jus très purs, très clairs et très denses, se travaillant parfaitement et donnant un plus fort rendement en sucre ;

2° Il supprime les dépulpeurs et plus de la moitié des presses ;

3° Il donne une pulpe saine, nourrissante, très appréciée par le bétail. Cette pulpe sort très sèche des presses continues à double cylindre intérieur ;

4° La dépense d'installation est minime et permet d'utiliser les diffuseurs ordinaires.

## EXTRACTION DU JUS. — TROISIÈME MÉTHODE — DIFFUSION

En principe le meilleur procédé d'extraction du jus est celui qui permet de l'obtenir économiquement, complètement et à l'état de pureté la plus grande

possible. Ces trois conditions essentielles se trouvent réunies dans le procédé de la *diffusion* tel qu'on le pratique aujourd'hui dans un très grand nombre de fabriques.

Nous venons de dire précédemment comment Mathieu de Dombasle posa les principes de la macération dont la diffusion n'est qu'une variante perfectionnée.

Nous ne saurions mieux faire que de suivre M. Vivien dans les appréciations qu'il a publiées sur cette méthode et d'écrire avec lui que MM. Robert de Seelovitz, furent les premiers réellement à doter l'industrie du sucre de cette belle méthode d'extraction.

Mathieu de Dombasle en 1842, partait de cette observation que les tranches de betteraves fraîches ne pouvaient pas être atteintes par l'eau froide de façon à servir à la fabrication, mais que la macération se produisait facilement pourvu qu'on séchât préalablement les tranches ou qu'on les exposât à une température de 100 degrés. Il en concluait que le tissu de la plante subissait une modification par la cuisson ou par la dessiccation, modification qu'il désignait sous le nom de *mortification*.

Les méthodes de macération qui la suivirent admirent comme exacte la théorie de l'ouverture des cellules par la mortification.

C'est ainsi que dans la batterie de macération établie à Seelovitz en 1846, on commençait aussi par ouvrir les cellules des betteraves fraîches par de la vapeur à 100 degrés. Ce procédé fut mis en pratique avec soin et avec persistance. Néanmoins l'expérience a montré que le gonflement des tranches était souvent très considérable sous l'action de la vapeur, et que le lavage parfait devenait plus tard inexécutable. En même temps les jus obtenus étaient plus visqueux et cristallisaient moins parfaitement qu'on ne devait s'y attendre.

Du reste, ce procédé fut sensiblement amélioré lorsque d'après les études de M. Fremy sur la maturité des fruits on crut pouvoir n'élever la température des tranches qu'à 80 degrés. On trouva que cette température était suffisante aussi pour opérer la mortification de la cellule jusqu'au point nécessaire.

Mais l'amélioration ne fut qu'apparente. On avait espéré que la pectose insoluble contenue dans la betterave ne se transformerait pas en pectine soluble, et que l'on obtiendrait un jus non visqueux. Mais cet espoir fut déçu, car il était impossible dans l'exploitation pratique de régler avec précision la température.

A partir de ce moment il paraît y avoir eu un temps d'arrêt dans les perfectionnements du système de la macération des tranches fraîches.

L'attention se porta sur la pulpe de betterave et sur son lavage à l'eau froide.

Les méthodes fondées sur ces considérations trouvèrent leur expression dans la batterie de lavage de Schutzenbach, mais ne purent lutter alors contre le procédé basé sur la pression.

Il n'y avait aucun motif pour rejeter l'hypothèse fondamentale qui avait guidé Mathieu de Dombasle; elle fut même fortifiée par un mémoire de Dubrunfaut sur l'osmose.

La macération fut alors reprise, et l'on peut résumer comme il suit l'ensemble des recherches de Dubrunfaut sur ce sujet.

Il est facile d'épuiser la pulpe et d'autant plus que la pulpe est plus fine. L'adhérence naturelle des cellules, ainsi que les gaz contenus dans les espaces

intercellulaires empêchent l'accès du fluide macérateur et résistent au double courant de la force osmotique.

Il est vrai qu'après un certain temps, la force osmotique vaincrait ces obstacles sans mortification ; mais alors, il se produirait des effets secondaires, tels que la fermentation visqueuse et lactique qui dérangerait le cours de la macération. Les cellules des betteraves fraîches non mortifiées, se trouvent dans un état de gonflement et sont d'une nature purement exosmotique. La mortification n'a d'autre but que de supprimer l'adhérence des groupes de cellules. Par là l'air est écarté et l'état exosmotique de la cellule se trouve modifié. L'élévation de la température qui augmente la force osmotique, accélère aussi la macération. Les acides minéraux étendus, opèrent également la mortification de la cellule et rendent les tranches de betteraves fraîches, accessibles à la macération.

Telle est l'opinion émise par Dubrunfaut. Plus tard on cessa de s'occuper de l'état dit exosmotique des cellules encore vivantes, et de le considérer comme un obstacle à la macération. On admit que l'obstacle résidait dans la substance intercellulaire existante, que cette substance était de la pectose insoluble dans l'eau, que cette pectose à une température de 80 degrés ou sous l'influence d'acides étendus se transformait en pectine aisément soluble, ce qui faisait disparaître l'obstacle qui s'opposait au lavage de la cellule par l'eau.

Ces deux opinions prises comme base théorique ne donnaient aucun espoir de parvenir à améliorer les procédés d'extraction du jus par la macération des tranches fraîches.

C'est à Julius Robert, de Seelovitz, qu'on doit la solution du problème.

Favorisé par l'existence à Gross Seelovitz d'une batterie de macération, il put exécuter les expériences de laboratoire les plus minutieuses, mais sur une échelle industrielle, et la nouvelle méthode de travail surgit complète dès le commencement de la campagne de 1864-1865.

Voici quelles furent les conclusions des recherches de Julius Robert :

1° L'assertion que la mortification des cellules de la betterave doit précéder la macération est reconnue inexacte ;

2° Par des aménagements convenables, on peut, sous une température modérée, extraire au moyen de l'eau le sucre contenu dans les tranches de betterave d'une structure fine et lamelleuse ;

3° La nouvelle méthode de fabrication assure la régularisation précise des températures pendant l'opération et la constance à tous les degrés du travail des températures reconnues nécessaires ;

4° Les recherches microscopiques du docteur Wiesner ont prouvé qu'à une température de 0 à 60 degrés, il n'y a pas gonflement de la substance intercellulaire composée de pectose, ce qui rendrait la diffusion difficile, et que la formation des substances pectiniques de nature soluble, est réduite à son minimum ;

5° L'observation que la partie de beaucoup la plus considérable du protoplasma est conservée dans les cellules des betteraves traitées par ce procédé, prouve que le jus ainsi extrait est plus pur que le jus des presses, et que la valeur des résidus comme nourriture destinée aux bestiaux est plus considérable.

Disons en quelques mots comment se présente un atelier de diffusion par la méthode Julius Robert.

On voit une ou plusieurs batteries de cinq à six vases chacune dans lesquels on introduit les betteraves coupées en tranches courtes ou en petits copeaux appelés *cossettes*. Ces betteraves, une fois nettoyées, sont jetées dans la machine à laver, et les mains n'y touchent plus.

Des élévateurs les amènent aux coupe-racines; là une lame circulaire horizontale mue par une puissance de 3 chevaux peut couper par jour 2.500 quintaux de betteraves, et les débiter en tranches de 75 à 125 millimètres de longueur, 12 millimètres de largeur, et 4 millimètre d'épaisseur.

Du coupe-racines les tranches tombent dans la balance; elles sont pesées, puis amenées par un petit chemin de fer courant au-dessus des batteries et tombent par un entonnoir dans les cylindres de diffusion. Ces cylindres forment une longue rangée; ils peuvent contenir 30 quintaux de tranches et 30 de liquide. La charge se fait systématiquement.

On commence par mettre dans le premier cylindre 3 quintaux de tranches et autant d'eau à 80 degrés, et on continue de la sorte par charges alternatives de betteraves et de liquide jusqu'à ce que le cylindre soit plein. On remplit ensuite le second cylindre de la même manière; seulement au lieu d'eau, on emploie le jus étendu d'eau à 80 degrés venant du premier cylindre, et on remplace ce jus au fur et à mesure par de l'eau qui arrive du réservoir situé au-dessus du premier cylindre. Cette eau se rend d'abord dans une chaudière de chauffage, d'où la pression la chasse dans le premier cylindre. La charge du second cylindre achevée, on passe au troisième, qui reçoit le jus du second, étendu d'eau à 80 degrés. Le quatrième cylindre reçoit de même le jus du troisième, et le cinquième celui du quatrième. La diffusion dans chaque cylindre dure environ une demi-heure.

La charge et la vidange prennent environ une autre demi-heure; en sorte que toute l'opération dure de quatre à cinq heures, depuis le commencement de la charge jusqu'à l'extraction; et quand le liquide a passé par les cinq cylindres, il a acquis dans le cinquième une densité telle que, quand le premier cylindre reçoit de l'eau pour la sixième fois, le jus du cinquième peut être refoulé dans les chaudières à déféquer.

Ce jus de diffusion, selon la température qui règne dans les cylindres, se trouve à 30 ou 50 degrés. L'eau qu'il contient fait qu'il est un peu moins dense que le jus pur de la betterave.

Quand le cinquième cylindre a cédé son jus, on vide le premier cylindre des résidus lavés, et on le remplit alternativement de tranches fraîches et du jus du cinquième chauffé à 80 degrés.

Les cinq cylindres de la batterie, auxquels on peut ajouter un sixième de réserve, sont donc en communication complète l'un avec l'autre, par une circulation de tuyaux, de telle façon qu'on peut refouler le liquide de l'un dans l'autre.

Ce n'est que la première charge complète d'un cylindre qui se fait avec de l'eau à 80 degrés, les deuxième, troisième, quatrième et cinquième se font avec de l'eau froide. La température moyenne à laquelle s'opère la diffusion peut varier de 30 à 50 degrés, mais elle ne doit pas dépasser ce dernier chiffre.

Une modification due à M. Schulz et adoptée partout aujourd'hui est la suivante :

Au lieu de chauffer dans le diffuseur n° 1, il chauffe le jus avant son entrée dans le n° 4 de telle manière que la température n'est pas inférieure à 70 degrés ni supérieure à 75 degrés. Ce jus arrivant dans le diffuseur n° 4, déjà chaud par une opération antérieure, y donne la température théorique nécessaire pour une bonne extraction du jus, puis passe dans le n° 3, puis dans le n° 2 et enfin dans le n° 1, où il abandonne successivement une certaine quantité de chaleur. L'échauffement est progressif au lieu d'être brusque, ce qui est un perfectionnement.

## THÉORIE DE LA DIFFUSION

Les mots diffusion, osmose et dialyse désignent au fond une seule et même force, celle en vertu de laquelle des liquides pénètrent dans les pores des corps solides.

La condition première de l'apparition des phénomènes de la diffusion est donc l'existence de corps poreux, d'origine organique ou minérale. Parmi ces corps, on compte, par exemple, le caoutchouc, les vessies d'animaux, l'argile, le parchemin végétal, les membranes cellulaires des plantes, etc.

Les études de Liebig ont les premières expliqué ce qui se passe dans les phénomènes osmotiques.

Si une vessie, qui a absorbé un liquide quelconque, est mise en contact avec une substance qui exerce à son tour une attraction sur le liquide absorbé, une partie de ce dernier est enlevée à la vessie. Si l'on remplit, par exemple, de sel marin un tube de verre dont le bas est fermé par une membrane, et si on plonge l'extrémité garnie de la vessie dans un vase plein d'eau, l'eau traversera la membrane et viendra s'ajouter à la dissolution de sel marin. Le niveau s'élèvera dans le tube. Ce phénomène persistera jusqu'à ce que les deux liquides, intérieur et extérieur, aient atteint le même degré de concentration.

Inversement, si le tube avait contenu de l'eau, et le vase dans lequel il plonge, la dissolution saline, on aurait vu le niveau baisser dans le tube.

Il ne faudrait pas croire d'ailleurs que l'eau traverse seule la membrane pour s'unir à la dissolution de sel marin. La dissolution la traverse également, mais en quantité moindre, et c'est pour cette dernière raison que l'on observe une dénivellation. Il faut en conclure que quand deux liquides d'une nature différente se trouvent séparés l'un de l'autre par une membrane, il se produit un échange entre eux; celui pour lequel la membrane possède une puissance d'absorption plus grande, traverse ses pores plus rapidement et plus abondamment; le liquide absorbé par la membrane en quantité moindre traverse les pores plus lentement et moins abondamment. Ce passage des deux liquides d'un côté à l'autre se continuera jusqu'à ce qu'il y ait égalité d'action des deux côtés.

Les membranes cellulaires des plantes et notamment celles de la betterave, suivent les mêmes lois que les autres substances capables de se prêter à la dialyse ou diffusion. La paroi cellulaire est pourvue d'une multitude de cellules infiniment rapprochées, si excessivement fines, que la pression hydrostatique ne peut pas se transmettre au travers de leur substance et qui, cependant, servent d'intermédiaires à l'exercice de la diffusion. Dans l'intérieur des cellules se

trouven<sup>t</sup> des substances cristalloïdes et colloïdes. Les premières se composent de sucre et de sels ; les secondes de gommes, de substances protéiques et pectiques, pectine, pectose, etc...

La quantité de ces substances pectiques est très variable. Les études microscopiques de M. Wiesner rendent vraisemblable que les corps pectineux contenus dans le suc cellulaire proviennent de la pectose qui constitue la substance inter-cellulaire.

L'extraction du jus par voie de diffusion, c'est-à-dire l'extraction du contenu des cellules n'est d'après ces considérations qu'un véritable tamisage, bien entendu dans le sens microchimique. A ce point de vue, elle se distingue des méthodes d'extraction du jus qui procèdent par voie de déchirement des cellules, auquel cas il y a simple lavage du contenu entier des cellules.

Ce tamisage ne s'effectue que par la diffusion au sein de l'eau ; par suite, en même temps que les substances cellulaires sortiront par les mailles de la paroi, elles seront remplacées dans la cellule par des molécules aqueuses. Ce phénomène se poursuit jusqu'à ce qu'il y ait des deux côtés de la paroi cellulaire équilibre dans le mélange de molécules d'eau et de grains cellulaires tamisables ; en effet, il n'existe plus alors de cause à un nouveau mouvement.

Si on éloigne le jus extérieur qui s'est ainsi produit et qu'on le remplace par de l'eau fraîche, le *tamisage* recommencera jusqu'à ce que l'équilibre soit de nouveau rétabli, et ainsi de suite.

#### NOMBRE ET CAPACITÉ. — FORME DES DIFFUSEURS. — DURÉE DE L'OPÉRATION

Le travail de la diffusion dépend beaucoup de la forme des diffuseurs.

Au début, ces appareils étaient grands et nombreux. On rencontre encore en Allemagne des batteries de diffusion formées de 16 vases de 70 hectolitres chacun. La diffusion s'y fait très lentement et le jus y circule pendant plusieurs heures.

Depuis on a cherché à abréger beaucoup cette opération, on est arrivé à l'effectuer en une demi-heure, c'est alors aller trop vite.

Si l'on tient compte que l'on retire de la betterave pauvre un volume de jus correspondant à peu près à 1,25 de son poids, et si, d'autre part, on admet que faire 100 opérations en douze heures constitue une marche rationnelle, si l'on admet en outre qu'on traite 50 kilogrammes de betteraves par hectolitre de capacité du diffuseur, on pourra facilement déterminer la capacité des diffuseurs.

La richesse de la betterave et la densité du jus à obtenir fixeront le nombre des diffuseurs à employer. On a toujours intérêt à produire un jus très dense ; il s'ensuivra toujours une économie considérable. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'il est également très important de bien épuiser la betterave. On doit toujours avoir en vue de satisfaire à ces deux conditions :

*Épuiser le plus possible la cossette et extraire le jus à son maximum de densité.*

On peut arriver à ces deux résultats en augmentant le nombre des diffuseurs.

L'usine doit être disposée de telle sorte que l'on puisse augmenter le nombre des diffuseurs au fur et à mesure que la betterave sera plus riche. Mais il faudra veiller également à ce que la circulation se fasse convenablement, la résistance au passage se trouvant alors augmentée.

On doit aussi se préoccuper de l'état de ténuité des lamelles et de la température.

Les lamelles doivent être fines; la température ne doit pas dépasser 75 degrés.

Quant à la forme des diffuseurs, nous rappellerons que dans les premiers temps ces appareils étaient très coniques du bas.

En Allemagne et en Belgique, la partie filtrante monte à une assez grande hauteur et occupe la partie conique, le diffuseur est cylindrique sur la partie moyenne de sa hauteur et se termine par un cône à sa partie supérieure. Le haut et le bas sont rétrécis à cause des difficultés du joint sur les grandes surfaces et du poids excessif des portes de grande dimension.

Pour conserver une surface de filtration suffisante, les tôles perforées doivent être disposées latéralement et appliquées sur la partie conique. Elles en occupent à peu près la moitié en hauteur, mais cette disposition est très désavantageuse.

Le jus cherchant à parcourir pour descendre le chemin le plus direct, pénétrera difficilement au centre, il en résultera que les lamelles du centre ne seront pas complètement épuisées. Cette considération fait de beaucoup préférer la forme cylindrique pour les diffuseurs.

Il faut augmenter le nombre plutôt que la capacité des diffuseurs, et pour le travail de la betterave riche une batterie de quatorze diffuseurs est préférable à celle de douze. On a remarqué que l'épuisement est plus facile dans les petits vases, que la circulation y est plus régulière.

Pour obtenir le maximum d'effet utile il est indispensable de surveiller la confection de la cossette. Celle-ci doit être longue, fine, régulière, nettement découpée. Pour y arriver, il faut laver soigneusement la betterave, apporter les plus grands soins au fonctionnement du coupe-racines et au parfait entretien des couteaux. Plus la cossette est fine, plus la diffusion, naturellement, est rapide.

#### ARRIVÉE DU JUS

L'épuisement est plus ou moins bon suivant la disposition adoptée pour l'introduction du jus.

Autrefois, le jus arrivait sur le côté, c'était un mauvais système. Depuis on a cherché à l'introduire vers le centre du diffuseur.

M. Riedel a adopté une forme de diffuseur permettant l'introduction centrale. La partie filtrante du fond occupe une minime partie par rapport à la dimension du diffuseur. Le jus arrive dans la partie inférieure et se répartit uniformément, mais la forme conique persiste pour la partie supérieure, il s'ensuit qu'il y a encore des portions inégalement épuisées.



**Diffuseur Mariolle.** — Ce diffuseur (fig. 41), bien que terminé à sa partie inférieure par un cône, permet d'atteindre un épuisement sensiblement complet. Sa forme est un cylindre terminé par deux troncs de cône. Celui du bas se compose d'une porte mobile rectiligne inclinée à 45 degrés, garnie d'une tôle perforée formant tamis filtrant. Elle est retenue fermée par un taquet à mentonnet équilibré par un contrepoids et fixé par une broche en fer pour éviter tout déclanchement accidentel.

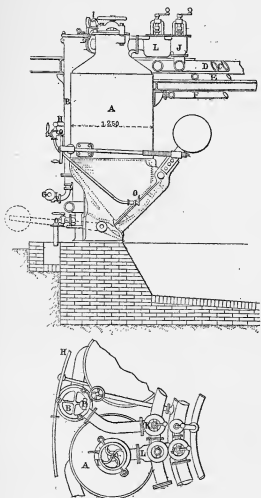


Fig. 41.

L'arrivée du jus se fait par un tuyau situé à la partie inférieure et presque au centre du diffuseur; il se répand dans un double fond conique occupant toute la partie inférieure.

Un calorisateur B est muni d'un robinet de vidange. L'ouvrier chargé de la

manœuvre des portes est placé à l'extérieur de la batterie, et il a sous la main à sa disposition, le levier du taquet de fermeture, le volant pour la manœuvre de la porte et le robinet pour la vidange de l'eau en excès, enfin le robinet du conduit H.

#### SURFACES TAMISANTES. — VITESSE DE CIRCULATION

La surface filtrante du haut d'un diffuseur bien construit doit être assez grande par rapport à la section des tuyaux de communication pour que la vitesse soit dans le rapport de 1 à 4.

Les tuyaux doivent être grands; s'ils étaient trop petits, la vitesse du jus serait trop grande, et de fausses voies pourraient s'établir dans le diffuseur.

La différence de vitesse de circulation dans les tuyaux ne doit pas dépasser vingt-cinq fois celle du jus dans le diffuseur, sinon on pourrait craindre que le jus ne passât de préférence par certains endroits, en épuisant irrégulièrement la masse.

Enfin, la hauteur en distance verticale entre les deux tamis filtrants ne doit pas dépasser une fois et demie le diamètre de la plus grande section du diffuseur.

#### HAUTEUR DES DIFFUSEURS

Il est bon de ne pas faire la hauteur plus grande que le diamètre, la circulation est facilitée. Il est vrai qu'alors la surface filtrante du bas est forcément rétrécie, mais pour compenser ce petit rétrécissement, on peut faire remonter sur le côté la tôle filtrante du bas. Avec une faible hauteur, on évite les faux passages du jus.

Les grandes portes du fond des diffuseurs ont un poids considérable augmenté encore par la charge comprise dans l'appareil; le plus souvent elles ne peuvent être manœuvrées à la main comme les petites portes placées sur les côtés. Dans ce cas on peut les actionner par un piston hydraulique.

#### CHAUFFAGE. — CALORISATEURS

Dans les premiers temps de la diffusion le chauffage se faisait tout autrement qu'aujourd'hui.

Autrefois le jus, pour être chauffé, était extrait de la circulation et envoyé dans une chaudière à réchauffer. M. Schulz a cherché à supprimer le réchauffeur isolé et la tuyauterie qu'il nécessitait; il a par cela même simplifié la circulation et le travail. Ce but a été atteint en intercalant entre chaque diffuseur des *calorisateurs*; ce sont de petits vases ayant une surface variant entre 3 mètres carrés et 7 mètres carrés, suivant l'importance de la diffusion, les combinaisons de la construction et la vitesse de travail que l'on veut obtenir.

Ces appareils permettent de chauffer les jus en plusieurs endroits de leur parcours, ce qui est important; on obtient ainsi des jus plus denses ainsi qu'un meilleur épuisement.

On sait que l'épuisement est d'autant plus considérable qu'on met plus d'eau en contact avec les lamelles, mais en même temps le jus est moins dense. On évite cet écueil par l'emploi de calorisateurs d'une contenance déterminée par le calcul.

En travail de diffusion, la densité va en augmentant progressivement d'un diffuseur à l'autre; elle est forte dans le diffuseur de tête et très basse dans le dernier, et quand on vide le dernier, appelé diffuseur de queue, l'épuisement étant terminé, il n'y reste qu'un jus très faible bon à jeter. Dans le cas par exemple de douze diffuseurs sans calorisateurs, on échelonne la densité en douze fractions entre le premier et le dernier, tandis que avec l'emploi de calorisateurs-réservoirs contenant autant de jus que les diffuseurs, on divise la densité en vingt-quatre fractions. L'épuisement dans ce dernier cas est plus méthodique et la densité du jus perdu est plus faible de moitié. On peut donc dire qu'à quantité égale d'eau employée, l'épuisement est plus considérable et les jus obtenus plus denses avec des calorisateurs formant réservoirs du jus.

Il importe donc de multiplier l'emploi des calorisateurs en les faisant très grands.

Le travail de la diffusion nécessite une grande quantité d'eau, aussi quand cette dernière est rare, a-t-on cherché à supprimer les calorisateurs pour les remplacer par des injecteurs à vapeur directe, ou par des diffuseurs à double paroi chauffés par la périphérie, mais cette méthode ne vaut pas celle qui consiste à employer les calorisateurs dont nous venons de parler.

#### UTILISATION DE L'EAU DE VIDANGE

Si l'on manque d'eau, on peut utiliser la vidange des diffuseurs et des calorisateurs. Si en effet on vide un diffuseur, on jette avec les cossettes un volume d'eau à peu près égal à la moitié du volume total du diffuseur, c'est une quantité fort importante qu'on a cherché à économiser. L'air comprimé a été proposé, mais il est très difficile à maintenir sans perte dans les récipients industriels. On a toujours des fuites et des pertes de pression. On l'a employé pour expulser une certaine quantité d'eau contenue dans les diffuseurs. Sous l'action de l'air comprimé on peut extraire au maximum 30 p. 100 de la contenance d'un diffuseur, c'est-à-dire l'eau qui peut sortir par voie d'égouttage. Il n'y a pas expression des cossettes, ni extraction d'eau, parce que la pression d'air étant uniforme sur la périphérie des cellules, il y a équilibre. On peut arriver au même résultat en laissant tomber ensemble les cossettes et l'eau sur une tôle perforée, par égouttage mécanique. L'eau qui baigne les lamelles sera éliminée et l'on pourra la recueillir dans un bassin, pour s'en servir ensuite.

#### COUPE-RACINES

Nous avons vu qu'une des opérations importantes de la diffusion était le découpage des racines de betteraves en lamelles.

Le fonctionnement des coupe-racines employés dans ce but se comprend facilement à la simple inspection de la figure.

Pendant des années, les efforts ont porté sur le perfectionnement des coupeaux sans qu'on se soit occupé en rien de la machine qui les met en mouvement. C'est ainsi qu'on a élargi l'orifice de la trémie conique qui sert à charger le tambour du coupe-racines, on en a aussi augmenté la hauteur. Les betteraves alors coulent mieux, et en raison de l'accroissement de hauteur de la colonne qu'elles forment, elles sont pressées plus fortement sur le plateau porte-couteaux.

En Autriche, où le mode d'impôt force les fabricants à travailler avec une extrême célérité on a poussé les améliorations plus loin. On y emploie des coupe-racines dont le disque horizontal a jusqu'à 2 mètres de diamètre.

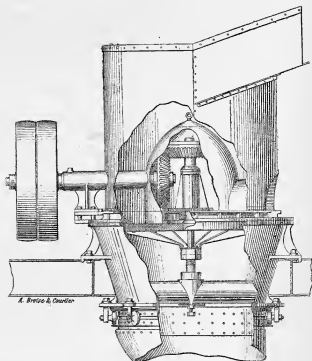


Fig. 42.

Mais tout en augmentant le diamètre du disque horizontal, on n'a pas multiplié outre mesure le nombre de porte-couteaux qui varie entre huit à dix.

Le nombre de tours des coupe-racines autrichiens varie entre quarante-cinq et soixante. En Allemagne, au contraire, le diamètre du disque ne dépasse pas 1<sup>m</sup>,200 et le nombre de tours est d'environ cent vingt.

Un des coupe-racines français les plus employés est l'appareil Maguin (fig. 42).

Cette machine présente cette particularité qu'elle coupe sur toute la surface du disque.

On obtient ainsi un débit presque double de celui donné par un coupe-racines ordinaire. On peut faire la cossette fine sans retarder la marche de l'usine.

Les engrenages y sont isolés, ce qui est une sécurité pour le travail des ouvriers.

Le débit de cette machine varie suivant le diamètre des plateaux. Il est de :

350000 kilogrammes de betteraves pour un plateau de	1 <sup>m</sup> ,800
250000	— — 1 <sup>m</sup> ,500
200000	— — 1 <sup>m</sup> ,350

La régularité de la cossette et sa netteté ne peuvent être obtenues qu'à la condition de maintenir les couteaux en bon état.

Malgré les laveurs et les épierreurs perfectionnés, il est impossible d'empêcher l'arrivée au coupe-racines d'une certaine quantité de graviers, petits cailloux de route, pierraille des champs, terre, filaments, etc... Tous ces corps étrangers contribuent non seulement à briser ou fausser les couteaux mais encore à obstruer le tranchant, et comme on ne peut changer les couteaux à chaque instant, le travail se fait dans de mauvaises conditions.

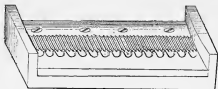


Fig. 43.

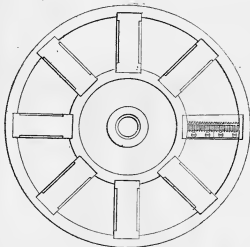


Fig. 44.

L'emploi du porte-couteaux épierreur Maguin annule cette difficulté (fig. 43). Le couteau employé porte le nom de faitière. L'écartement des cloisons est

plus ou moins grand, et le couteau est alors de grosse, de moyenne ou de fine division. La hauteur commune des couteaux varie entre 7 et 9 millimètres.

L'épaisseur des cossettes varie entre 1 et 2 millimètres. Aussitôt qu'une pierre touche un couteau, elle tombe dans l'une des alvéoles pratiquées dans la plaque de réglage et passe au diffuseur.

Mais pour avoir une cossette régulière, il faut obtenir une fixité absolue des couteaux. On y arrive par l'emploi du système Riedel (fig. 44).

La diffusion peut être rotative ou fixe.

**Diffusion rotative.** — Une batterie de diffusion rotative peut se composer de neuf vases contenant chacun 1.600 litres. Chacun de ces vases a

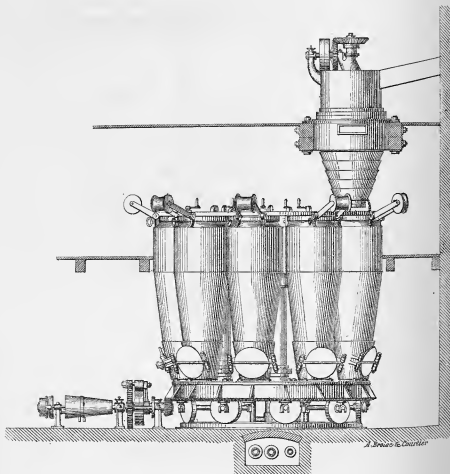


Fig. 45.

des portes de chargement et de déchargement. On peut faire varier le nombre et la capacité des diffuseurs (fig. 45).

Ces diffuseurs sont fixés sur un disque tournant très lentement. Au moyen d'une courroie horizontale, glissant à volonté sur deux poulies coniques dont les axes sont parallèles, mais dont les cônes sont à l'opposé, on fait varier à volonté la vitesse de rotation de toute la batterie entre 8 et 40 tours par vingt-quatre heures.

A la vitesse moyenne de 24 tours par vingt-quatre heures, le mouvement à la circonférence est à peine perceptible, car la batterie a un diamètre de 3 mètres environ. La force nécessaire pour produire ce mouvement est donc très minime, elle ne dépasse pas  $1/2$  cheval-vapeur.

Au-dessus des diffuseurs, sur un plancher supérieur, se trouve le coupe-racines dont l'axe est vertical.

Dans la rotation chaque diffuseur vient se présenter sous le coupe-racines pour recevoir les tranches de betteraves. Le coupe-racines est muni d'un entonnoir articulé de façon à ce que le chargement ait toujours lieu au centre du diffuseur, quoique ce diffuseur change de place pendant le chargement, par suite du mouvement rotatif continu.

Les dispositions particulières de cet appareil procurent les avantages suivants :

1° Les tranches de betteraves fraîches tombent directement du coupe-racines dans les diffuseurs. Cette chute naturelle évite les moyens ordinaires de transport par chariots, glissières, courroies sans fin ou vis d'Archimède. La main-d'œuvre est économisée ; les cossettes ne sont pas froissées et le travail est plus propre.

2° Les cossettes tombant au centre des diffuseurs, l'emplissage se fait régulièrement, sans tassement, la masse est alors plus poreuse et mieux disposée pour l'opération de la diffusion ; la circulation du jus est plus rapide.

3° Les tranches de betteraves épuisées se déchargent aussi toujours à la même place, ce qui procure encore une économie d'installation et de main-d'œuvre.

4° La durée de la diffusion étant réglée par la vitesse que l'on donne à l'appareil peut toujours être la même, et ne pas dépendre des ouvriers.

5° Les conduits étant au centre, le nombre des tuyaux est restreint. Un homme sur un petit plancher central, ayant en face de lui les soupapes et les thermomètres peut diriger seul toute la batterie. Le mouvement rotatif amène chaque soupape qui doit être ouverte ou fermée, devant l'ouvrier qui ne peut faire d'erreur.

Les tuyaux sont au nombre trois ; l'un pour l'eau, l'autre pour les jus et le troisième pour la vapeur.

6° L'emplissage des diffuseurs est facilité par l'emploi d'une porte de fermeture très grande à contrepoids. Lorsque cette porte est fermée on obtient le joint au moyen d'un tube en caoutchouc logé dans une rainure, dans lequel on introduit de l'eau sous pression. Cette pression fait gonfler le tube en caoutchouc et produit un très bon joint.

7° L'ensemble de cette diffusion rotative forme un appareil complet prenant très peu de place, exigeant peu de main-d'œuvre. Trois ouvriers suffisent pour diriger la diffusion ; l'un au centre pour ouvrir et fermer les soupapes ; un

second au dehors pour ouvrir et fermer les diffuseurs et surveiller l'emplissage des tranches de betteraves venant des coupe-racines; enfin, un troisième ouvrier dans le bas pour ouvrir et fermer les portes de déchargement et surveiller la vidange des diffuseurs.

**Marche du travail.** — En marche normale et pour avoir un épuisement aussi complet que possible du sucre contenu dans les betteraves, on doit faire 130 diffusions en vingt-quatre heures, ce qui correspond à près de 15 tours par vingt-quatre heures.

Chaque diffuseur contient 16 hectolitres, et chaque hectolitre renferme 50 kilogrammes de tranches de betteraves. Un diffuseur peut donc travailler 800 kilogrammes par opération, et si l'on fait 130 diffusions par jour, on voit que cet appareil peut traiter 104.000 kilogrammes par vingt-quatre heures.

**Diffusion fixe.** — Cette installation est analogue à la précédente, mais les diffuseurs sont fixes. Dans la disposition que nous indiquons (fig. 46),

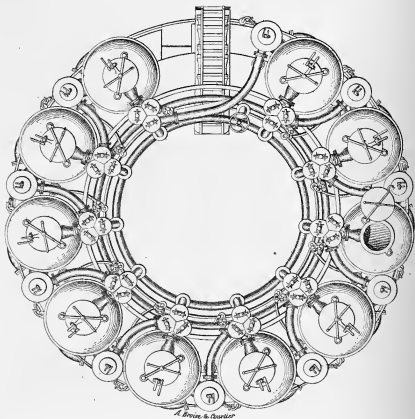


Fig. 46.

les portes haut et bas des diffuseurs sont d'une manœuvre très facile. Il n'y a aucun danger de projection ni d'accident. Les portes du bas sont d'un très



grand diamètre pour faciliter la rapide évacuation des cossettes épuisées. Leur fermeture et leur ouverture se font aisément et sans mécanisme particulier.

La forme ovoïde des fonds garnis entièrement de tôle perforée fixée sur des

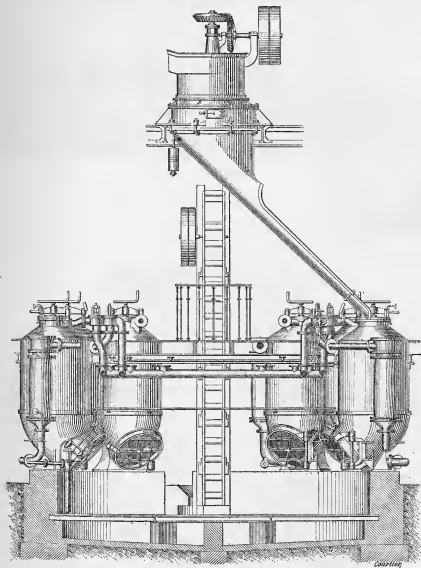


Fig. 47.

chicanes disposées spécialement, produit une circulation parfaite, ainsi qu'un épuisement régulier et complet du sucre contenu dans les cossettes.

Les joints des portes du haut se font sur un anneau en caoutchouc par le

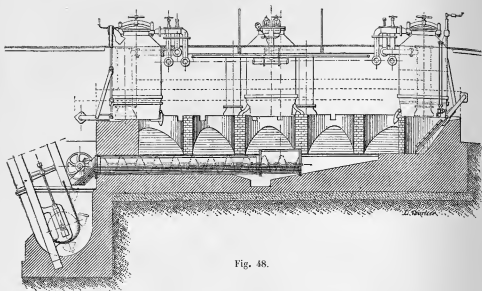


Fig. 48.

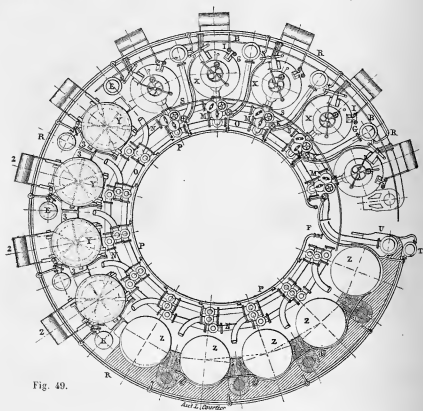


Fig. 49.

serrage d'une vis centrale, et ceux des grandes portes du bas au moyen de la pression de vapeur dans un tuyau en caoutchouc. Ces joints, nommés Dantzenberg, s'obtiennent par la simple manœuvre d'un petit robinet amenant de l'eau sous pression de vapeur.

Chaque diffuseur est muni des soupapes et robinets nécessaires; en outre, chaque diffuseur comporte un calorisateur que l'on voit figuré en plan entre les diffuseurs.

Les calorisateurs sont garnis de serpentins de vapeur en cuivre rouge pouvant se dilater pour éviter toute fuite de jus.

L'ensemble de la batterie est muni des tuyaux de circulation nécessaires.

Le coupe-racines que l'on voit à la partie supérieure est du système que nous avons décrit; il porte une gouttière tournante, équilibrée, permettant de diriger les cossettes coupées dans l'un quelconque des diffuseurs placés en cercle.

Les deux figures 46 et 47 représentent une batterie circulaire de 10 diffuseurs, mais ce nombre peut varier. On peut également, si l'on veut, installer les diffuseurs sur une seule ligne droite ou sur deux lignes parallèles.

Les deux systèmes que nous venons de décrire sont construits par la Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin.

Nous donnons ci-contre, figures 48 et 49, une autre installation de diffusion circulaire fixe, construite tout dernièrement par M. Douffet, et qui comprend les appareils suivants :

A B C Diffuseurs.

- D Faisceau triple de soupapes.
- E Tuyauterie circulaire à eau.
- F Tuyauterie circulaire pour le jus.
- G Tuyauterie de vapeur.
- H Tuyauterie circulaire des retours d'eau.
- I Tuyauterie circulaire pour joints hydrauliques.
- J Purgeur automatique des retours.
- K Plaque d'assise de 2 diffuseurs et 1 calorisateur.
- L Cercle intérieur portant le plancher.
- M Cercle extérieur portant le plancher.
- N Plancher d'égouttage.
- O Conduiteur à cossettes.
- P Calorisateur.
- Q Robinet de vapeur générale.
- R Robinet de vidange d'eau du diffuseur.
- S Robinet de vidange d'air du diffuseur.
- T Robinet du joint hydraulique.
- U Robinet de prise de vapeur.
- V Robinet de jauge du diffuseur.
- X Porte du bas du diffuseur.
- Y Contrepoids de la porte.
- Z Pattes d'assise du diffuseur.
- 1 Crochets d'appui de porte.
- 2 Élévateur à cossette.

**Diffuseur continu.** — Comme on le voit sur la figure 50, cet appareil comprend un vase unique horizontal.

En tête se trouve un alimentateur de betteraves et un coupe-racines; à l'autre extrémité une chaîne à godets enlevant la matière épuisée. L'inventeur, M. Perret, prétend avec ce système pouvoir supprimer dix ouvriers, obtenir un

épuisement assuré et des jus moins salins. La durée du chauffage serait réduite; l'appareil prendrait peu de place; 7 mètres sur 14 suffiraient pour toute une

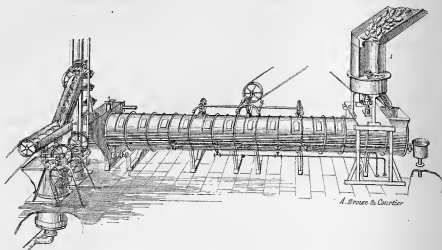


Fig. 50.

installation pouvant traiter 2.000 hectolitres de jus par vingt-quatre heures, et coûtant 40.000 francs.

**Diffusion dans le vide.** — Ce procédé qui porte le nom de système Bergreen, paraît très avantageux, mais il est peu appliqué en France.

Voici en quoi consiste le fonctionnement de cet appareil : lorsque le diffuseur est rempli de lamelles, on ferme le couvercle et on y fait le vide avec une pompe quelconque. Un manomètre indique le degré de vide obtenu. Une dépression de 0<sup>m</sup>,600 de mercure est nécessaire. Sans interrompre la communication avec la pompe, on fait arriver par la partie inférieure du diffuseur une certaine quantité de vapeur détendue. Favorisée par le vide, la vapeur se répand dans la masse, pénètre dans l'intérieur des cellules; chasse l'air et se condense au contact même des cellules. Il y a échauffement des lamelles, mais sans cuisson, et cela progressivement de bas en haut. Dès que l'on constate au sommet du diffuseur la température de 60 degrés, on ferme la communication avec la pompe et on arrête l'introduction de la vapeur détendue. Le diffuseur de tête, celui qui vient de subir ce traitement peut alors céder son jus facilement, toutes les parois des cellules ayant été préparées par cette action.

L'emploi de ce procédé permet aussi le traitement à l'acide sulfureux dont nous parlerons plus loin.

**Presse à cossettes.** — Une fois extrait le jus est soumis ensuite aux divers traitements que nous allons étudier bientôt, mais d'un autre côté la pulpe restante sous forme de cossettes est pressée pour être ensuite livrée au bétail.

Ce pressurage comme celui que nous avons décrit précédemment se fait au

moyen de presses. On a proposé plusieurs systèmes différents. Nous indiquerons ici l'un des meilleurs, la presse Klusemann.

Cet appareil représenté figure 51, s'emploie pour presser les cossettes sortant des diffuseurs. Il présente une disposition rationnelle des palettes produisant

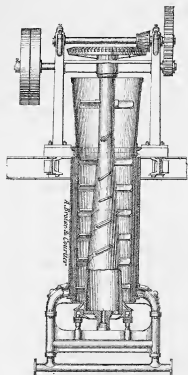


Fig. 51.

une pression progressive depuis l'entrée jusqu'à la sortie des cossettes. La perforation de l'arbre central permet une plus complète évacuation de l'eau contenue dans les cossettes. Enfin, l'addition de ressorts à la sortie des cossettes pressées, règle la pression et évite les ruptures en cas d'engorgement.

**Lavage des pulpes de presses. Système Coor.** — Ce procédé consiste à laver par un courant d'eau froide les pulpes déjà pressées pour en extraire le sucre que la pression n'a pas suffi à enlever.

Le matériel nécessaire comprend :

- 1° Un élévateur de pulpe pour amener la pulpe sortant des presses au débiteur;
- 2° Un défibreux pour réduire la pulpe en morceaux comparables à la sciure de bois;
- 3° Un transporteur à hélice pour distribuer la pulpe défibrée dans les lessiveurs;

4° Trois vases lessiveurs, ou plus, pour laver les pulpes à l'eau froide.

Les pulpes pressées sont jetées dans la trémie inférieure de l'élevateur de pulpes qui les amène au défibreur. Ce dernier appareil se compose d'un grand tambour garni de pointes et d'un petit tambour qui projette la pulpe sur le premier et la déchire. La pulpe ainsi défibrée tombe dans le transporteur à hélice placé au-dessus des vases lessiveurs, et à chacun desquels correspond une petite trappe disposée au fond du transporteur de façon à pouvoir diriger la pulpe dans l'un ou l'autre des vases lessiveurs.

Ces vases, de forme cylindrique, portent en haut et en bas un faux fond en tôle perforée. Une porte de vidange est pratiquée à la partie inférieure et le fond du vase porte une tubulure d'arrivée d'eau commandée par une soupape. Le faux fond supérieur en tôle perforée est mobile et reste à découvert pendant l'opération.

Les pulpes étant arrivées dans le transporteur à hélice, on enlève le faux fond supérieur de l'un des vases, on ouvre la trappe du transporteur qui correspond à ce vase, et on le remplit de pulpes défibrées. Lorsque le vase lessiveur est plein à moitié, on commence à introduire l'eau lentement, en ouvrant la soupape disposée à cet effet dans le fond. Dès que le vase lessiveur est plein de pulpes défibrées on replace le faux fond en tôle perforée supérieure, lequel repose sur un fer cornière.

On ouvre alors la soupape d'arrivée d'eau et l'on remplit ou vide les vases voisins. Environ trente minutes après l'introduction définitive de l'eau par le bas, on voit couler successivement par tous les trous de la tôle perforée supérieure, du jus dont la densité d'abord égale à 4 degrés descend successivement à 3°, 2°, 1°, 5; 1° et 0°,5 de huit en huit minutes.

Par ce procédé, on peut pousser l'épuisement des pulpes aussi loin qu'on le désire et envoyer à la râpe les jus faibles au lieu et place d'eau.

Les pulpes sortant des vases lessiveurs sont envoyées à une presse continue qui les débarrasse de l'eau qu'elles contiennent.

Les avantages de ce système sont :

1° Le prix d'installation est peu élevé ;

2° On peut diminuer le nombre des presses, puisqu'il n'est pas nécessaire de presser à fond, l'épuisement se faisant d'une manière complète dans les vases lessiveurs ;

3° La quantité d'eau n'est pas sensiblement augmentée puisque l'on peut envoyer à la râpe les petits jus sortant de la presse continue.

Si l'on résume les considérations précédentes, on reconnaîtra, ce que la pratique industrielle d'ailleurs confirme pleinement aujourd'hui, que si la diffusion présente quelques inconvénients elle offre en revanche des avantages réels et que son adoption ne peut qu'être conseillée.

## 3° PURIFICATION DU JUS. — DÉFÉCATION. — CARBONATATION

## GÉNÉRALITÉS

Le jus étant extrait de la betterave par l'un des procédés que nous avons décrits, le problème suivant se pose :

Éliminer de ce jus la plus grande masse possible des matières étrangères accompagnant le sucre.

Les jus sont en effet impurs. Physiquement ils renferment des matières qui sans les altérer précisément nuisent à l'extraction du sucre, à sa cristallisation et le colorent plus ou moins. Au point de vue chimique, l'impureté la plus dangereuse est celle qui peut occasionner l'inversion du sucre, sa transformation en produits non sucrés et d'un goût désagréable en sels alcalins ou calcaires. Les acides qui se développent dans les jus ou les pulpes sous l'influence de l'air sont on ne peut plus redoutables.

La *défécation* est l'opération destinée à remédier aux difficultés causées dans la suite du travail par les diverses impuretés du jus à traiter.

Nulle opération n'est plus importante, nulle n'est en apparence plus simple, nulle n'exige des agents et un outillage plus vulgaires, nulle n'est resserrée dans un cercle d'idées plus étroit, et cependant nulle n'a plus exercé la sagacité des inventeurs.

On voit Lampadius conseiller, il y a quatre-vingt-dix ans, la défécation par la chaux et il y en a quatre-vingts que son conseil est suivi. Derosne, il y a soixante-quinze ans, introduit dans la fabrication le noir animal qui depuis n'a jamais été abandonné.

Barruel il y a soixante-dix ans invente l'injection de l'acide carbonique dans le jus après défécation, afin de précipiter l'excès de chaux. Dubrunfaut insiste, il y a soixante ans, pour faire mélanger la chaux au jus après le pressurage, afin de prévenir les altérations.

Toutes ces données, sagement coordonnées, sagement discutées, habilement appliquées, constamment contrôlées et perfectionnées, constituaient un procédé qui cependant fut grandement amélioré encore il y a vingt-cinq ans par MM. Périer et Possoz. Ces industriels, sans changer aucun des agents employés, sans même intervertir leur ordre, firent une découverte scientifiquement des plus originales, et industriellement d'une telle importance qu'en quelques années elle s'implanta dans presque toutes les fabriques de sucre.

Quand, éliminant le procédé d'Achard modifié par Crespel de Lisle, on suit l'histoire du sucre de betterave depuis le jour où Derosne introduisit le noir animal dans la fabrication, on voit que, sous le rapport de la défécation, elle se divise en quatre périodes bien tranchées.

Pendant la première, on ne compte pas de trop près avec la chaux.

Pendant la seconde, son dosage exact, au contraire, est l'objet des préoccupations constantes des fabricants.

Pendant la troisième, on revient aux premiers errements, et même on force encore la dose.

Pendant la quatrième, qui est celle inaugurée par MM. Possoz et Périer, plus on la prodigue et mieux on fait.

Ces diverses modifications dans l'emploi de la chaux tenaient uniquement à la manière dont on utilisait le noir animal.

Au début, le noir animal était à bon marché; en outre, une fois qu'il avait servi, on le jetait aux engrais; mais avec la multiplication des fabriques, et malgré les *os* venus d'Amérique, le prix s'en éleva tellement que l'on dut finir par y regarder de très près. C'est même, comme nous le verrons, sous l'empire de cette nécessité que sa revivification fut inventée, et que Dumont créa les filtres qui portent son nom.

Or, suivant que le noir animal a absorbé des matières purement organiques et fermentescibles ou des matières organo-minérales et particulièrement organo-calcaires, il reprend à la revivification presque toute sa puissance, ou reste à peu près anéanti.

A la première période, quand on jetait le noir, après qu'il avait servi, il n'importait donc pas de forcer un peu en chaux à la défécation, car, à quantité égale de noir, il n'y avait à tenir compte que du rendement en sucre, et comme sous ce rapport, un petit excès de chaux ne nuisait pas, et servait à la conservation des jus, on en forçait tout naturellement la dose.

Mais dans la deuxième période, avec la nécessité de revivifier le noir, il fallut, sous peine de l'anéantir rapidement, ramener la chaux à des limites exactes, et même pour plus de sûreté se tenir toujours un peu en dessous, quitte à laisser au noir le soin d'absorber la petite différence de matières organiques qu'un peu plus de chaux aurait précipitées; car avec la revivification, on regagnait bien des fois le noir ainsi employé.

Malheureusement, avec la betterave rien n'est plus variable qu'une pareille limite; l'espèce, l'état de conservation dans les silos, la nature du sol et des engrais, le degré de maturité des racines, la font, en effet, changer du tout au tout, et sans qu'il soit possible de la déterminer à nouveau autrement que par des tâtonnements longs et délicats; de là de graves mécomptes, même chez les plus habiles et les plus soigneux, qui, inopinément, voyaient, faute de chaux, la fermentation se mettre dans leur jus, puis gagner un grand nombre d'opérations consécutives et compromettre parfois le reste de la campagne.

Les choses en étaient là quand MM. Rousseau frères, reprenant le procédé de Barruel, mais avec une grande sagacité, inaugurèrent la troisième période.

Ces industriels, ayant en effet remarqué que, suivant que l'on fait ou qu'on ne fait pas bouillir un jus forcé en chaux, il retient ou ne retient pas de chaux après la carbonatation, conseillèrent dès lors la carbonatation sur jus clairs et très forcés en chaux, mais qui à la chaudière n'avaient pas été portés à une température dépassant 85°, c'est-à-dire à une température où la chaux ne décompose pas encore les matières azotées de la betterave.

**Défécation.** — Avant de passer à la quatrième période qui est celle actuelle, disons quelques mots du procédé de la défécation proprement dite, le plus ancien avons-nous vu.

Plusieurs substances peuvent servir à la défécation. La plus généralement



employée est la chaux versée à l'état de lait de chaux dans une chaudière spéciale. Ce lait de chaux se prépare avec 3 kilogrammes de chaux pour 4.000 litres de jus.

La chaudière à défécation est à double fond et chauffée par la vapeur. Il importe pour le succès de l'opération que la température soit élevée aussi rapidement que possible au degré voulu. On verse le lait de chaux dans un tamis qui retient les grumeaux et on remue le liquide afin de favoriser le mélange de la chaux et du jus à déféquer.

Au bout de quelques minutes l'action se manifeste, les matières insolubles montent en écume à la surface du liquide ou bien se déposent en partie au fond de la chaudière. Quand la défécation est suffisamment avancée et que l'ébullition va commencer, on cesse l'introduction de la vapeur dans le double fond, puis on ouvre un robinet placé à la partie inférieure de la chaudière et on fait écouler le liquide clair. Les écumes et les dépôts peuvent être soumis à une presse pour en exprimer le jus qui s'y trouverait retenu.

D'après Payen, les signes caractéristiques d'une bonne défécation sont les suivants : émanation sensible d'ammoniaque ; séparation bien nette du liquide et des flocons nageant dans un jus clair ; écume boueuse et verdâtre qui devient de plus en plus épaisse et acquiert une consistance de caillé ; crevasses qui se manifestent dans l'écume et par lesquelles fait irruption le jus clair quand approche le moment de l'ébullition.

La dose de chaux nécessaire varie suivant la nature des jus. On la détermine par une analyse préalable.

Le liquide clair qui s'écoule de la chaudière à déféquer se rend sur des filtres à noir.

M. Kuhlmann avait proposé, en 1838, un autre mode de défécation par lequel il combinait la chaux avec le sucre, et obtenait ainsi un *sucrate* ou *saccharate de chaux* qu'il soumettait aux opérations suivantes de la cuite et de la concentration ; il traitait ensuite par un acide faible pour saturer la chaux et la séparer du sirop prêt à cristalliser. Ce procédé n'a pu être appliqué, parce que le sucrate de chaux est une substance éminemment hygroscopique et l'évaporation devient impossible.

MM. Rousseau basèrent sur des réactions analogues un autre procédé qui donna de très bons résultats il y a quarante ans.

Au lieu de 3 kilogrammes de chaux pour 4.000 litres de jus, ils employaient 25 kilogrammes. Il y avait non seulement assez de chaux pour former le coagulum et clarifier le liquide, mais encore pour saturer la totalité du sucre, les matières albuminoïdes et certaines autres substances renfermées dans le jus.

Lorsque la température a été portée jusqu'à 93 degrés dans la chaudière à déféquer avant que l'ébullition ne commence, on fait écouler le liquide sur un filtre à noir animal en grains fins P. Le jus clarifié, la *clairce* sortant de ce filtre arrive alors dans une chaudière dite de *saturation* G (fig. 52).

La saturation de la chaux se produit par l'acide carbonique que fournit l'appareil, et qui est destiné à décomposer le saccharate de chaux et à mettre le sucre en liberté. Une pompe A à double effet mue par une petite machine à vapeur insuffle de l'air dans le gazogène B qui contient du charbon incandescent ;

l'acide carbonique produit par le contact de l'air et du charbon se rend d'abord dans un réfrigérant C, où circule un courant d'eau froide; il passe ensuite dans le laveur D, puis arrive à la chaudière G, dans laquelle il se dégage par un tube percé de trous.

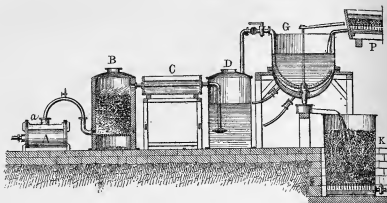


Fig. 52.

La chaleur chasse l'excès d'acide carbonique qui pourrait rester dans le liquide et empêcher la précipitation complète du carbonate de chaux.

Le liquide éclairci, qui coule de la chaudière, tombe sur un premier filtre à noir animal en grains K, puis arrive sur un autre filtre renfermant du noir de très bonne qualité.

Le jus filtré, presque incolore, est conduit ensuite aux chaudières évaporatoires où se fait la cuite des sirops.

#### SOLUBILITÉ DE LA CHAUX DANS LES SOLUTIONS SUCRÉES

M. Lamy, dans une communication à l'Académie des sciences faite en 1876, a déterminé la quantité de chaux que pouvaient dissoudre à des températures diverses 100 parties d'une solution sucrée décime lorsqu'on lui ajoutait 1 ou 2 p. 100 de son poids de chaux, c'est-à-dire les quantités qui sont souvent adoptées dans la pratique pour des jus d'une richesse moyenne semblable.

Le tableau suivant résume ces recherches :

*Solubilité de la chaux dans des dissolutions sucrées décimes en employant 2 grammes de chaux pour 100 de dissolution.*

TEMPÉRATURE	CHAUX DISSOUE dans 10 000 <sup>gr</sup>		DIFFÉRENCE exprimant la chaux unie au sucre	CHAUX nécessaire pour le sucrate monobasique	EXCÈS DE LA CHAUX nécessaire pour sucrate sur celle unie au sucre
	de solution sucrée	d'eau pure			
—	—	—	—	—	—
degrés	gr.	gr.		gr.	
100	13,5	6,0	9,5	149	+ 139,5
70	23,0	7,9	15,1	id.	+ 133,9
50	53,0	9,6	43,4	id.	+ 105,6
30	120,0	11,7	118,3	id.	+ 80,7
15	215,0	13,0	202,0	id.	— 53,0
0	250,0	14,0	236,0	id.	— 87,0

On peut tirer de ce tableau les conclusions suivantes :

1° La quantité de chaux dissoute dans la solution sucrée augmente à mesure que la température baisse, comme cela arrive pour l'eau pure.

2° Si l'on retranche des nombres de la 2<sup>e</sup> colonne ceux de la 3<sup>e</sup> colonne, on obtient des chiffres qui peuvent représenter les proportions de l'alcali absorbées par le sucre seul. Ces nombres sont variables avec la température.

3° La quantité de chaux dissoute par la solution décime peut devenir tellement grande avec l'abaissement de la température qu'à 0 degré, par exemple, elle dépasse de plus de 50 p. 100 celle qui est nécessaire pour faire un sucrate monobasique.

#### PROCÉDÉ POSSOZ ET PÉRIER

Après tous les travaux dont nous avons parlé précédemment, et qui faisaient de la défécation une opération facile et sûre, il était à penser que si un jour elle progressait encore, ce ne serait qu'en s'appuyant sur des agents autres que la chaux, l'acide carbonique et le noir.

C'est en effet ce qui eut lieu d'abord. On proposa successivement l'emploi de la baryte et de l'alcool, emplois qui constituent des procédés intéressants sur lesquels nous reviendrons. Mais bientôt MM. Possoz et Périer découvrirent que le carbonate de chaux hydraté jouit, dans une certaine mesure, des propriétés absorbantes du noir et n'abandonne pas en se déshydratant les matières qu'il a fixées ainsi :

Leur premier soin fut d'étudier quelles sont dans la betterave les substances sur lesquelles l'hydrocarbonate réagit; ils reconnurent que, sauf la matière azotée soluble, il absorbe toutes celles sur lesquelles le noir animal a lui-même une action. De plus, ils s'aperçurent que si par elle-même cette matière azotée reste réfractaire à l'hydrocarbonate, il n'en est pas de même des dérivés organocalcaires qu'elle forme par une longue ébullition avec la chaux, et qui eux, au contraire, se laissent absorber avec une grande facilité.

Partant de là, ils imaginèrent le procédé connu sous le nom de *double carbonatation*, et dont le principe est de traiter deux fois de suite les jus par une forte proportion de chaux, par une ébullition et une injection simultanées d'acide carbonique jusqu'à parfaite neutralisation.

À la première fois, les jus reçoivent au sortir de la presse leur dose de chaux tout entière, ce qui prévient toute altération ultérieure; de plus, ils sont carbonatés sur écume, c'est-à-dire dans la chaudière même où ils ont été déféqués. C'est ce que l'on a nommé la carbonatation trouble.

À la seconde, les jus, ayant été tirés à clair dans une chaudière semblable à la première, ne reçoivent plus la chaux que par doses successives et répétées, même longtemps après que les vapeurs dégagées par l'ébullition ne sentent plus l'ammoniacque, ce qui indique que la matière azotée est entièrement décomposée, et que, par conséquent, les substances organocalcaires qui en dérivent et qui sont absorbables par l'hydrocarbonate, sont complètement formées. Quant au courant d'acide carbonique, il est également suspendu dès que l'on est arrivé à la neutralité absolue. Mais pour l'ébullition, elle est prolongée bien au delà de

ce terme, c'est-à-dire jusqu'au moment où tout le bicarbonate de chaux qui se forme, même à cette température, est totalement décomposé et revenu à l'état de carbonate neutre et insoluble. Les jus, étant alors décañtés, sont rapidement passés une première fois au noir, puis concentrés à 20 degrés Baumé, repassés ensuite sur le noir et enfin envoyés à la cuite.

Tels sont les principes sur lesquels se trouve fondé le procédé qui comprend les appareils suivants :

- 1° Le four à chaux ;
- 2° Le laveur à acide carbonique ;
- 3° La soufflerie ;
- 4° Les chaudières à carbonater ;
- 5° Les décanteurs ;
- 6° Les filtre-presses ;
- 7° Les filtres à noir animal ;
- 8° Le matériel de revivification du noir.

Au moyen de ce matériel on fait les opérations suivantes :

Première carbonatation. Décañtation. Séparation des écumes aux filtres-presses. Deuxième carbonatation. Décañtation. Séparation des écumes. Filtration sur le noir animal.

**1° Four à chaux et à acide carbonique.** — Un des types employés souvent est celui représenté figures 53 et 54.

C'est un four à chaux continu, à la partie inférieure duquel se trouvent plusieurs foyers extérieurs G dont la flamme débouche dans l'intérieur par des canaux et ouvertures D. Ce four comporte deux foyers extérieurs et quatre portes de défournement jusqu'à 100 mètres, et au delà trois foyers et six portes de défournement.

La base cylindrique est en maçonnerie maintenue par des cerceles et des armatures en fer.

La partie supérieure conique est en maçonnerie également, mais elle est maintenue par une enveloppe en tôle rivée du haut en bas. Sur le pourtour de cette enveloppe se trouvent des orifices avec tampons de regard à des hauteurs différentes destinées à pouvoir suivre la marche du four à divers points de sa hauteur et à ringarder lorsqu'il se forme des voûtes.

Le four est terminé par une trémie de chargement avec trappe à levier, où est obturateur, sur cette trémie se trouve la tubulure d'attente pour l'aspiration de l'acide carbonique par la pompe.

Un treuil à mains qui se trouve dans le bas sert à monter les paniers de pierres. Cette disposition peut être remplacée par un treuil à vapeur ou par un monte-charge hydraulique.

Le calcaire (carbonate de chaux), doit être aussi pur que possible ; il est cassé en morceaux d'un décimètre cube environ. On doit éviter l'emploi des calcaires argileux qui laissent dissoudre dans le jus de betterave des matières incrustantes.

Afin d'obtenir toute la chaux bien cuite et une formation régulière d'acide carbonique, il convient de charger le calcaire et de décharger la chaux par pe-

tites portions, et fréquemment, toutes les heures, par exemple. Dans ce dernier cas, les chargements et déchargements étant très peu considérables à la fois,

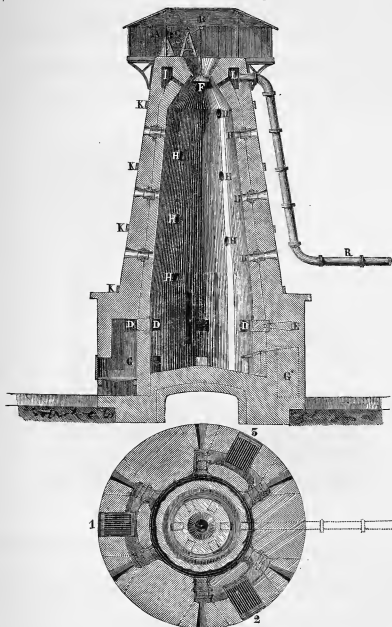


Fig. 53.

peuvent se faire si rapidement, qu'ils ne nécessitent aucun temps d'arrêt. On peut surtout accélérer la clôture des portes de défournement et éviter l'emploi des

luts, ainsi que les entrées d'air qui résultent de la difficulté de bien clore ces portes, en employant des portes de fonte dressées, au lieu de plaques de tôle qui forment toujours une fermeture très incommode.

La clôture de la partie supérieure du four à chaux doit être bien hermétique, ainsi que tous les joints du four et des conduits d'aspiration, afin d'éviter des entrées d'air.

Il est très important de ne pas chauffer le four avec des combustibles contenant du soufre.

On doit employer du bon coke de four, du bois sec, de l'anthracite, certaines houilles dures bien pures ou des lignites.

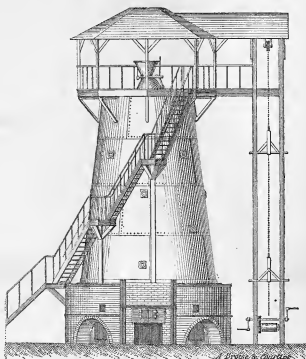


Fig. 54.

Il est avantageux de mêler au calcaire (dans le chargement du four) un peu de combustible, coke ou charbon de bois.

Sur le tuyau de refoulement de la pompe on doit disposer un très petit tube muni d'un robinet afin d'essayer de temps à autre la richesse du gaz en acide carbonique.

Un autre four à chaux et à production d'acide carbonique dû à M. Perret est représenté (fig. 53).

Pour le faire fonctionner, on commence par déposer sur la grille une couche légère de paille sur laquelle on étale de la craie sur une épaisseur de 0<sup>m</sup>,500.

Puis on verse environ un hectolitre de charbon de bois en feu. Cela fait, on charge un mètre de mélange normal (1 hectolitre coke pour 3 hectolitres calcaire cassé) et l'on souffle ou on aspire après avoir mis le feu à la couche de paille placée sur la grille. Une fois le four allumé, on peut continuer les charges jusqu'en haut.

Quand la chaux est cuite, on décharge par un tas au moyen de la grande roue du bas qui fait mouvoir une grille tournante. Le four ainsi mis en feu, fournit en même temps la chaux et l'acide carbonique et par conséquent ne doit

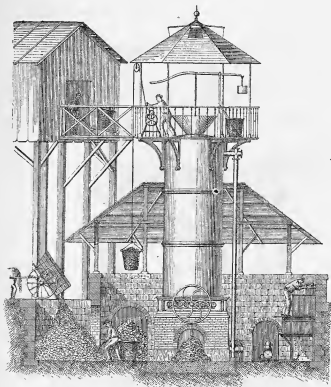


FIG. 55.

s'éteindre qu'à la fin de la campagne elle-même.

On peut avec ce four produire des quantités d'acide carbonique très variables soit en ralentissant ou accélérant le courant d'air, soit en augmentant progressivement la proportion de coke dans le mélange normal.

Un des avantages marqués de ce système est de permettre de réduire à un quart en volume la proportion de coke employé, d'où résultent une économie et une pureté plus grande du gaz.

Comme résidu, on a de la chaux bien cuite qui peut être employée à la défécation du jus ou à l'amendement des terres.

2° **Laveur à gaz.** — Le gaz aspiré ne peut pas être employé tel quel, parce qu'il est d'abord à une température trop élevée, les pompes seraient attaquées, et qu'ensuite il entraîne d'abondantes poussières et quelques produits chimiques solubles dont il importe de le débarrasser avant de l'envoyer saturer les jus. On y arrive facilement au moyen d'un laveur semblable à celui que nous représentons figure 56.

Ce laveur comporte à la partie inférieure une cuve surmontée de plusieurs tronçons superposés.

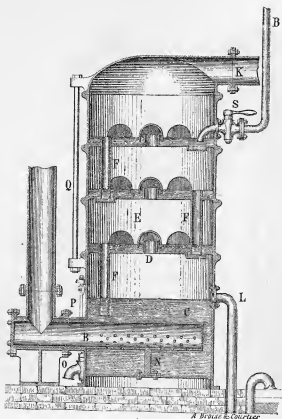


Fig. 56.

Chaque tronçon reçoit une nappe d'eau qui est alimentée par l'arrivée d'eau sur le tronçon supérieur.

L'épaisseur de cette nappe d'eau est réglée par un tuyau de trop-plein F qui alimente le tronçon inférieur et ainsi de suite jusqu'à la cuve inférieure. Le niveau d'eau dans cette dernière est réglé par un siphon.

Le gaz acide carbonique aspiré par la pompe à gaz arrive par le tuyau B dans l'eau de la cuve inférieure qu'il traverse. Il passe successivement par toutes les nappes d'eau des tronçons supérieurs au moyen d'une série d'orifices D recou-



verts de clochettes analogues à celles que l'on fait dans certains appareils à distiller.

Le gaz se trouve ainsi lavé plusieurs fois et dégagé de ses impuretés; il se rend aux chaudières de carbonatation dans lesquelles il est refoulé par la machine à gaz.

**3<sup>e</sup> Soufflerie.** — La pompe employée pour aspirer les gaz du four à chaux et les refouler dans les jus est représentée (fig. 57).

Elle est mise en mouvement par une machine à vapeur horizontale à deux volants, à détente fixe, sans condensation.

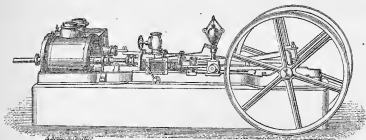


Fig. 57.

La pompe à gaz est horizontale, à double effet, avec distribution par tiroir. Son piston est placé sur le prolongement de la tige du piston à vapeur.

**4<sup>e</sup> Chaudières de carbonatation. Première carbonatation.** — Au lieu de déféquer le jus brut d'abord avec 5 à 10 millièmes de chaux, et de décanter ensuite la portion claire pour la traiter dans d'autres chaudières avec de nouvelles doses de chaux destinées à la première carbonatation, il est préférable de mélanger tout d'abord le jus brut avec les doses de chaux que l'on aurait employées à la défécation et à la première carbonatation, soit 15 à 20 millièmes; la chaux doit être bien mélangée au jus brut, aussitôt après l'extraction de celui-ci, et après avoir chauffé le mélange vers 40 degrés, on y fait arriver le gaz acide carbonique en continuant à chauffer jusqu'à 90 degrés.

On trouve avantage à faire cette première carbonatation dans des chaudières rectangulaires en tôle d'une contenance variable, et dans lesquelles on traite à la fois 25 hectolitres de jus si elles ont une capacité totale de 40 hectolitres.

Dans ces conditions, la mousse s'abat d'elle-même dans les angles, et on économise presque complètement la graisse qui devient indispensable avec des chaudières plus petites ou d'une forme arrondie.

La figure 58 représente l'ensemble d'une chaudière à carbonater avec son bac décanteur et le tuyau à tampon réunissant l'une à l'autre.

Elle représente aussi la gouttière double, recevant d'un côté les jus clairs et de l'autre les jus troubles des décanteurs.

Le tout est établi sur une chapente en fer supportée par des colonnes en fonte.

La chaudière à carbonater est un bac en tôle, à fond incliné dans tous les sens vers la cuvette de vidange. Dans ce bac se trouve un serpentín de vapeur en cuivre, correspondant à une soupape de prise de vapeur extérieure. Ce serpentín sert à chauffer les jus. Au centre se trouve une tubulure avec des tuyaux en fer, percés de trous et fixés dans cette tubulure, formant des rayons partant du centre de la tubulure. Cette tubulure correspond à un tuyau terminé par un robinet en fonte, qui sert à régler l'arrivée de l'acide carbonique dans la chaudière, lequel se répand dans la masse du jus par les tuyaux en fer percés de trous que nous venons de décrire. La chaudière est munie d'un couvercle à plat avec cheminée d'appel, et d'un brise-mousse Midol dont nous parlerons plus loin.

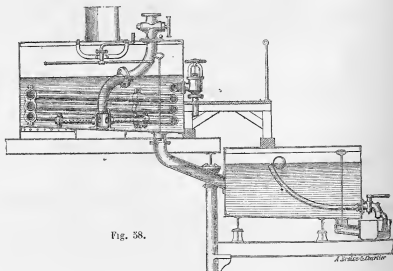


Fig. 38.

Le couvercle porte une trappe permettant de suivre le travail et d'entrer dans la chaudière pour le nettoyage.

Une cuvette avec tampon de vidange munie d'une tringle en fer à poignée, permet de vider la chaudière dans le bac décanteur. Entre la chaudière et le bac décanteur se trouve un tuyau de communication dont la disposition varie suivant les installations.

Le bac décanteur a un fond incliné vers la vidange, pour faciliter l'écoulement des écumes et le nettoyage du bac.

Le robinet de vidange du bac décanteur est muni d'un bec tournant permettant d'écouler à volonté dans la gouttière à jus clair ou dans la gouttière aux écumes, suivant la nature du liquide qui s'écoule. Ce robinet de vidange est muni à l'intérieur d'un tuyau flexible, terminé par un flotteur qui force ce tuyau à prendre le liquide à la surface, afin d'avoir du liquide décanté.

La température étant élevée à 90 degrés comme nous l'avons dit plus haut,

on arrête le chauffage, mais on continue l'introduction de l'acide carbonique jusqu'à ce que le contrôle chimique ait indiqué le point d'arrêt de la première carbonatation.

Le contrôle chimique se fait, soit à l'aide de liqueurs titrées, soit à l'aide de papiers réactifs.

Les liqueurs les plus usitées sont la liqueur sulfurique à la phtaléine du phénol et la liqueur sulfurique Le Docte que l'on emploie avec l'acide rosolique neutralisé, comme indicateur.

Les papiers titrés au curcuma et à la phtaléine rendent également de grands services.

Les papiers de curcuma jaunes quand ils sont acides ou neutres deviennent bruns quand la liqueur dans laquelle on les plonge est alcaline quel que soit le degré d'alcalinité si le papier est neutre, et quand cette alcalinité est supérieure au titrage du papier lorsque ce papier est titré.

Les papiers employés sont neutres ou titrés de telle façon qu'en les plongeant rapidement dans les jus de carbonatation, ils rougissent tant que l'alcalinité est trop forte, c'est-à-dire tant que la carbonatation n'a pas été poussée assez loin. Aussitôt que le papier cesse de rougir, on arrête la carbonatation.

Ce contrôle est fort essentiel, non seulement pour déterminer avec certitude le point d'arrêt utile de la première carbonatation, éviter de redissoudre des matières albuminoïdes et colorantes, assurer les dépôts faciles, les filtrations promptes, mais aussi pour éviter la prompte détérioration des toiles au travers desquelles on doit filtrer les dépôts. Ces toiles s'usent en effet très vite lorsque les dépôts sont trop alcalins.

L'observation précise du point d'arrêt de la première carbonatation est très importante.

Si l'acide carbonique est arrêté, trop tôt, le dépôt de carbonate de chaux se fait mal et le jus est trouble; si, au contraire, cette carbonatation est poussée trop loin, l'acide carbonique redissout des matières organiques combinées à la chaux, lesquelles étaient antérieurement précipitées et ne peuvent plus être éliminées que par de fortes proportions de noir animal; dans ce cas, le jus est coloré en bistre et produit des cuites moins faciles et plus colorées. On perd alors une grande partie des avantages que procurent les carbonatations arrêtées à point convenable.

Il est donc important de laisser dans le jus 1 à 2 millièmes de chaux près la première carbonatation.

Lorsqu'elle est achevée, il convient, avec la plupart des betteraves d'envoyer un barbotage de vapeur par le tube distributeur d'acide carbonique et de porter ainsi à l'ébullition pendant une ou deux minutes pour mieux coaguler l'albumine restée en dissolution et obtenir un dépôt plus grenu.

Toutefois, cette pratique n'est pas indispensable et dès que la première carbonatation est terminée avec ou sans barbotage de vapeur, on vide immédiatement la chaudière dans des bacs à déposer. Après 15 à 20 minutes de repos. le jus étant éclairci, on le décante, puis on le fait couler sur des débourbeurs afin de retenir les portions de dépôts qui se trouvent en suspension, surtout à la fin de la décantation. Ces débourbeurs sont d'une grande utilité; ils évitent d'en-

voyer dans les chaudières de deuxième carbonatation des jus imparfaitement décantés, et contenant toujours des particules de dépôts, qui se dissoudraient facilement par l'excès d'acide carbonique nécessaire à la deuxième carbonatation.

Les écumes et dépôts qui restent dans les bacs peuvent être délayés avec un peu d'eau bouillante, ou un barbotage, ou être directement envoyés dans les monte-jus alimentant les filtres-presses, dont nous parlerons bientôt.

**Deuxième carbonatation.** — Les jus sortant des presses-écumes, doivent, comme ceux décantés, passer sur les débourbeurs et se rendre directement dans les chaudières à deuxième carbonatation.

Avant d'y procéder, on ajoute dans le jus de 2 à 10 millièmes de chaux (selon la qualité des jus).

Les chaudières de deuxième carbonatation peuvent être entièrement semblables à celles de première carbonatation. Dès qu'elles sont chargées de jus additionné de la dose de chaux nécessaire on y fait arriver le gaz acide carbonique en excès.

On reconnaît que cette seconde carbonatation est terminée au moyen du papier de curcuma.

Lorsque la deuxième carbonatation est ainsi achevée, on fait bouillir pendant environ cinq minutes, afin de chasser tout l'excès d'acide carbonique, puis on y introduit 1 à 2 millièmes de chaux éteinte en lait, et on vide les chaudières dans les bacs à déposer. Cette faible addition de chaux a pour but de précipiter quelques matières organiques fermentescibles redissoutes à la faveur de l'excès d'acide carbonique. En outre, elle suffit pour rendre les jus légèrement alcalins pendant la filtration du jus faible. Toutefois, après cette filtration on ne trouve généralement plus trace de chaux, celle-ci étant facilement absorbée par le noir.

Il est très utile que les serpentins amenant l'acide carbonique dans les chaudières de carbonatation soient munis d'un petit tuyau permettant d'injecter de temps à autre un jet de vapeur, pour nettoyer les serpentins.

Après 10 à 15 minutes, on décante le jus éclairci, et on l'envoie sur les filtres à noir ou aux filtres mécaniques.

Les dépôts de deuxième carbonatation peuvent être pressés séparément, mais généralement on les réunit à ceux de la première carbonatation pour les passer aux filtres-presses.

#### PRÉPARATION DU LAIT DE CHAUX

On commence par mesurer un certain volume de chaux, selon la grandeur des vases dans lesquels on doit l'éteindre et en quantité suffisante pour obtenir en moyenne un lait de chaux contenant 20 kilogrammes de chaux réelle et finement tamisée par hectolitre de lait. A cet effet, à cause des pierres et impuretés ordinaires contenues dans la chaux, pour un vase dans lequel on veut faire 10 hectolitres de lait de chaux, il convient de mesurer ou de peser environ 22 kilogrammes de chaux. On en fait d'abord une bouillie épaisse avec de l'eau, et

mieux encore avec du jus limpide (débourbé) ayant déjà subi la première carbonatation et que l'on peut faire venir facilement d'un réservoir. On évite ainsi d'introduire beaucoup d'eau dans les jus, et on obtient un lait de chaux très fluide, dans lequel la chaux est déjà en partie dissoute.

Il est bon d'avoir deux bacs dans lesquels on éteint alternativement la chaux. Ces deux bacs portent deux jauges, l'une pour la chaux, l'autre pour le volume d'eau ou de jus à ajouter afin d'éteindre et délayer la chaux en un lait contenant 20 p. 100 de chaux réelle.

Dès qu'un bac est rempli de chaux éteinte et bien délayée par la quantité d'eau ou de jus, on fait couler ce mélange par la vidange sur un crible en tôle métallique, ou mieux encore sur une grille en fonte composée de petits barreaux bien dressés, et régulièrement espacés d'environ 2 millimètres, destinée à retenir les petites pierres et les portions de chaux mal délayées.

Après s'être tamisé, le lait de chaux tombe dans un réservoir, où il est maintenu en suspension par un agitateur mécanique. Le réservoir porte des tubes distribuant le lait de chaux près des chaudières à carbonater ou mieux directement dans les baquets distributeurs.

#### TITRAGE DU LAIT DE CHAUX

Pour connaître la richesse d'un lait de chaux, la densité apparente variant avec chaque espèce de chaux, selon qu'elle est plus ou moins grasse, on ne peut se servir utilement d'un aréomètre que si l'on a constaté par un *titrage* à quelle teneur en *chaux réelle* correspond la densité d'un lait d'une *chaux donnée*. La densité ne peut pas servir de règle générale ni même approximative.

La chaux étant l'agent principal d'épuration, les dosages réguliers ont bien plus d'importance. Dans cette méthode il faut préparer le lait de chaux avec beaucoup de soin. Il est surtout nécessaire que le lait soit tamisé très fin, car la chaux se dissout d'autant plus vite qu'elle est mieux divisée. Très souvent, dans les écumes de défécation pressées, on retrouve intacte et non utilisées beaucoup d'agglomérations de chaux non délayées. Il en est de même de la chaux ajoutée dans les carbonatations; les agglomérations ne se dissolvent pas et sont carbonatées *extérieurement* avant d'avoir pu être dissoutes et utilisées.

Pour apprécier la quantité de chaux utilisable contenue dans un lait de chaux, on mesure exactement, à l'aide d'une pipette jaugée, 10 centimètres cubes du lait de chaux qu'on veut essayer; on le verse dans une petite carafe, et on mêle *sans écraser*, avec une baguette et seulement en agitant le flacon pendant une à deux minutes, avec 200 grammes d'eau dans laquelle on a fait dissoudre préalablement 30 grammes de sucre blanc; on filtre ensuite dans une autre carafe. La chaux bien délayée se dissout seule dans cette eau sucrée comme elle se dissoudrait dans du jus, tandis qu'on retrouve non dissoute la chaux encore agglomérée et les impuretés qui se trouvaient dans le calcaire employé. Cette solution de chaux étant filtrée, on lave le filtre, puis on ajoute dans la liqueur filtrée quelques gouttes de teinture de tournesol pour avoir une teinte bleue

bien visible ; ensuite, avec une burette graduée, on mesure combien il faut employer de liqueur calcimétrique pour faire virer la couleur bleue au rouge vineux. Or, comme 1 gramme de chaux pure sature 10 centimètres cubes de cette liqueur s'il a fallu employer 20 centimètres cubes ou 200 divisions de la burette pour obtenir le virement de couleur, on en conclut que le lait de chaux contenait 20 p. 100 de chaux utilisable (2 grammes pour 10 centimètres cubes de lait), ou 20 kilogrammes pour 1 hectolitre.

On peut donc calculer ainsi la quantité de chaux soluble et dissoute par le liquide sucré.

#### CARBONATATION DES JUS DE DIFFUSION

Le traitement des jus de diffusion se fait comme ceux provenant d'un pressurage ordinaire ; toutefois, dans ces derniers temps, on a chauffé ces jus avant d'y introduire toute la quantité de chaux nécessaire.

On ajoute tout d'abord dans le jus 1 litre de lait de chaux par 10 hectolitres, puis on chauffe rapidement à 90 degrés ; on introduit le reste de la chaux, on porte à 95 degrés, puis on carbonate.

Ce mode de faire présente plusieurs avantages. Tout d'abord il permet d'extraire le jus de diffusion à une température élevée de 40 à 50 degrés ; l'épuisement est favorisé, la pureté est plus grande.<sup>1</sup>

Ensuite, en ajoutant la chaux à une basse température, il se produit souvent, surtout dans les jus denses, au début de la carbonatation, du sucrate d'hydrocarbonate de chaux difficilement décomposable ensuite par l'acide carbonique, ce qui rend la carbonatation très lente. Si, au contraire, la chaux est ajoutée à 90 degrés, ce phénomène ne se produit pas, la carbonatation est beaucoup plus rapide.

#### DÉCANTEUR MÉTHODIQUE CONTINU

Une des opérations les plus importantes, venons-nous de voir, est l'éclaircissement des jus. Rien, en effet, n'altère le noir des filtres avec plus de rapidité qu'un jus louche.

Or, en sucrerie, les opérations se succédant d'une manière régulière et sans qu'il soit possible d'en allonger une sans suspendre les autres, on serait parfois obligé de sacrifier du noir plutôt que d'attendre des décantations parfaites, si l'on ne cherchait à parer à cet inconvénient au moyen du décanteur que nous allons décrire.

Cet appareil, d'une simplicité remarquable, est dû à M. Perret ; il est représenté figure 59.

Il se compose comme on le voit :

1° D'un bae en tôle rectangulaire.

2° De huit compartiments formés par deux bandes de tôle en croix.

3° Au coin supérieur de chacun de ces compartiments est boulonné une sorte de poêhe, ou vanne en fonte, faisant communiquer un compartiment avec l'autre.

tre au moyen d'une large ouverture ronde que l'on bouche ou que l'on ferme à volonté par un simple tampon ou par une soupape.

4° Au centre du bac et dans le fond, au coin de chacun des compartiments, se trouve placé un robinet dont la queue, qui est creuse, s'élève jusqu'au bord du bac en finissant en gueule de serpent. Ce robinet s'incline à volonté jusqu'au fond du bac.

5° En dessous du bac se trouve une boîte qui réunit et fait se communiquer les quatre robinets ci-dessus.

6° Un tuyau de sortie part de cette boîte pour aller soit aux filtres, soit à une nouvelle carbonatation.

Le liquide à décanter est d'abord reçu dans une petite rigole qui le conduit dans le compartiment n° 1. Le liquide s'y élève, la vanne de gauche n° 1 est bouchée, le robinet reste dressé et le liquide s'échappe par la vanne de droite, qui est ouverte et se déverse dans le deuxième compartiment n° 2. Ce compartiment s'emplit alors comme le premier. Le robinet est là encore debout, mais

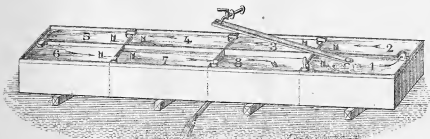


Fig. 59.

la vanne n° 3 est ouverte. Le liquide passe alors, suivant l'indication des flèches, dans le troisième compartiment, puis dans le quatrième, et ainsi de suite. Au dernier, l'état n'est plus le même, la communication entre le huitième et le premier est fermée tandis que le robinet n° 8 est légèrement incliné, le liquide s'y précipite et s'échappe au dehors.

Le trajet du liquide, aussi long que l'on veut, se fait donc tranquillement, et l'épanchement se fait toujours par les couches supérieures. Les dépôts se font dans chaque compartiment, diminuant du premier au dernier.

Il arrive un moment où la case d'arrivée est embourbée par les dépôts. Cette case n° 1 est alors isolée de toutes les autres et le liquide coule dans le n° 2 pour sortir par le n° 8, puis quand la case n° 1 est tirée à clair et nettoyée, elle rentre dans le courant du travail; le liquide alors arrive dans le n° 2 pour sortir par le n° 1, et cela jusqu'à ce que le moment soit venu de débourber le n° 2. Ainsi de suite sans arrêt dans la décantation.

On voit que cet appareil est fort simple et peut rendre de grands services.

## MONTE-JUS

Cet appareil, dont nous avons signalé l'emploi à plusieurs reprises, peut fonctionner soit à la vapeur, soit à l'air comprimé.

La figure 60 représente cet appareil fort simple.

Le corps cylindrique A est en tôle rivée muni de deux fonds en tôle emboutie. Ces fonds sont munis d'oreilles en fer lorsque le monte-jus doit être posé sur un plancher.

Chaque appareil comprend :

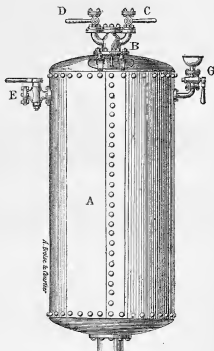


Fig. 60.

1° Une tubulure B en fonte au-dessus et au centre recevant au milieu un tuyau plongeur en fer qui va jusqu'à la cuvette du fond, et sur les côtés, au moyen de deux branchements venus de fonte, deux robinets en bronze, l'un C, pour la prise de vapeur, l'autre D, pour l'échappement de vapeur;

2° Un robinet en fonte fixé sur le côté E, pour l'admission des liquides ou matières dans le monte-jus;

3° Un petit robinet à entonnoir G servant à régler le niveau auquel on remplit l'appareil;

4° Une cuvette rivée au fond pour recevoir le tuyau plongeur, et au-dessus un bouchon de trou d'homme avec fermeture autoclave permettant d'entrer dans l'appareil.



La vapeur qui est admise dans l'appareil commence par se condenser et forme à la surface du jus une couche d'eau pure qui devient assez chaude pour ne plus condenser la vapeur; à ce moment la pression s'exerce sur le liquide et le fait monter par le tuyau central. Généralement le monte-jus a la capacité d'une chaudière à déféquer ou à carbonater.

On peut, avons-nous dit, remplacer la vapeur par l'air comprimé, dont les emplois dans la sucrerie peuvent être très variés.

L'air comprimé, en effet, peut remplacer la vapeur dans le monte-jus à lait de chaux, le monte-jus à sirop, le monte-jus à écumes, le monte-jus à mélasse, le nettoyage des tubes des générateurs tubulaires, le séchage des tourteaux d'écumes dans les filtres-presses, etc.

#### EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ. — COMPRESSEUR

Les avantages de l'air comprimé sont nombreux. Dans le monte-jus ordinaire, il y a toujours une certaine condensation de vapeur qui constitue une perte constamment renouvelée.

Les toiles des filtres-presses durent plus longtemps lorsque l'on emploie l'air comprimé pour la dessiccation des tourteaux.

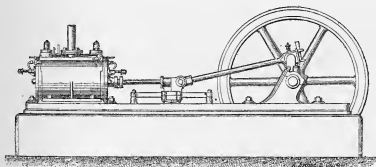


Fig. 61.

Le compresseur d'air est d'une construction extrêmement simple (fig. 61). Il se compose d'un cylindre à air muni de soupapes en acier facilement visitables, se mouvant sur des sièges en bronze. Le piston à garniture Giffard est relié par une bielle à un petit arbre coudé sur lequel sont calées les poulies volantes destinées à recevoir la commande du mouvement. Un réfrigérant extérieur suffit au refroidissement des surfaces frottantes.

#### BRISE-MOUSSE OU ÉMOUSSEUR

Lorsque l'on est obligé d'introduire un gaz dans un liquide visqueux, il se forme une mousse très gênante et dont les globules ont d'autant plus de difficulté à crever que la densité du liquide est plus grande. C'est ce qui se produit lors de la carbonatation. On a recours souvent à l'emploi de graisses ou d'huile

qui forment à la surface du liquide une couche contre laquelle les globules viennent se briser à cause de la différence de densité. Mais il faut que l'ouvrier ait la précaution de surveiller l'opération, sans quoi il se produit un dégagement de mousse très rapide et très vif et la mousse se répandrait hors des chaudières. D'ailleurs l'emploi de la graisse constitue une dépense assez importante.

On a cherché à empêcher la formation de la mousse par une pression plus ou moins forte exercée sur la surface du liquide, mais le meilleur mode de pro-

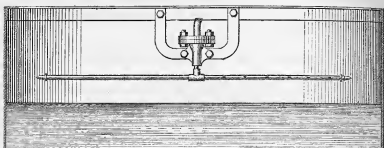


Fig. 62.

céder est d'employer un émousseur mécanique. Celui dû à M. Midol donne de bons résultats. Il est représenté (fig. 62).

Son principe est le tourniquet à réaction. Il se meut au moyen d'un faible filet de vapeur, et il coupe les mousses en même temps par sa rotation et par la projection de très petits jets de vapeur qui le mettent en mouvement.

La dépense de vapeur est très faible, l'installation simple ne nécessite qu'une petite prise de vapeur.

#### PROCÉDÉ OPPELMANN-MANOURY

Nous dirons ici quelques mots de ce procédé pour l'épuration des jus sucrés, fondé sur l'emploi de la dolomie calcinée avec précipitation de la potasse libre et des matières azotées organiques.

On commence par introduire dans les jus, après la première carbonatation, une petite quantité de lait de dolomie calcinée dans les proportions de 4 gramme de dolomie par litre de jus. On porte à l'ébullition, on décante et soumet à l'action des filtres-presses.

Les écumes retiennent la potasse précipitée et une forte proportion de matières organiques azotées; elles sont lavées à 90 degrés, puis traitées par du lait de dolomie (trois litres de lait pour dix hectolitres d'eau).

Après ce traitement les jus ne répandent plus d'odeur ammoniacale, et les écumes contiennent de trois à cinq fois plus d'azote que celles provenant du traitement à la chaux seule. On doit en conclure que les matières azotées organiques ont été éliminées.

Pour que ce procédé donne tout son effet, il faut que les jus dans lesquels on

introduit la dolomie après la première carbonatation ne contiennent pas de carbonates, sinon la magnésie deviendrait soluble.

On croit que la précipitation de la potasse est due à la formation d'un magnésiate de potasse insoluble au-dessus de 90 degrés???

Quoi qu'il en soit, ce procédé tout nouveau supprime les sels de chaux, et pourra donner des sirops d'une cuite facile et des bas produits faciles à traiter par l'osmose.

## 6° FILTRATION DES ÉCUMES ET DU JUS

Nous arrivons maintenant à cette partie de la fabrication qui comporte l'épuration définitive du jus au moyen de filtrages.

Nous avons vu qu'il se produisait des écumes pendant les carbonatations, il s'agit d'en extraire le sucre qu'elles renferment; on y arrive facilement par l'emploi des filtres-presses. Mais auparavant il faut leur envoyer ces écumes; on peut, pour cela, employer un monte-jus ou des pompes spéciales.

### POMPES A ÉCUMES AUTOMATIQUES

L'automatisme de ces pompes représentées (fig. 63), s'obtient par une soupape régulatrice spéciale, c'est-à-dire qu'elles s'arrêtent d'elles-mêmes lorsque le refoulement est arrivé à une certaine pression que l'on règle à volonté au moyen d'un contrepoids et d'un levier. Cette pression peut être différente de celle des générateurs.

La disposition des deux cylindres moteurs à vapeur agissant sur des manivelles d'équerre permet à la machine de se remettre seule en marche, lorsque, par suite de l'écoulement du liquide filtré, ou bien par l'ouverture de l'injection sur un filtre-pressé vide, une nouvelle quantité d'écumes peut être introduite dans les filtres-presses.

On adopte généralement de préférence pour ces pompes la disposition verticale parce que dans cette position l'usure est presque nulle pour les pistons et les boîtes à étoupes.

Dans les pompes horizontales, au contraire, l'usure est irrégulière par suite du poids des pièces.

Ces pompes offrent sur les monte-jus des avantages dont les principaux, en dehors de l'économie de vapeur employée, sont :

1° Les tourteaux d'écumes sont plus homogènes et se prêtent mieux au désu-crage ou au déplacement du jus;

2° La marche automatique permet de supprimer le surveillant;

3° Le jus n'est pas en contact avec la vapeur, et l'on ne risque pas, comme cela peut arriver avec les monte-jus, d'envoyer de la vapeur au filtre-pressé et de détériorer les tissus filtrants;

4° On peut alimenter les filtres-presses avec la pression que l'on veut, au moyen de la soupape régulatrice, quelle que soit la pression de la vapeur des générateurs.

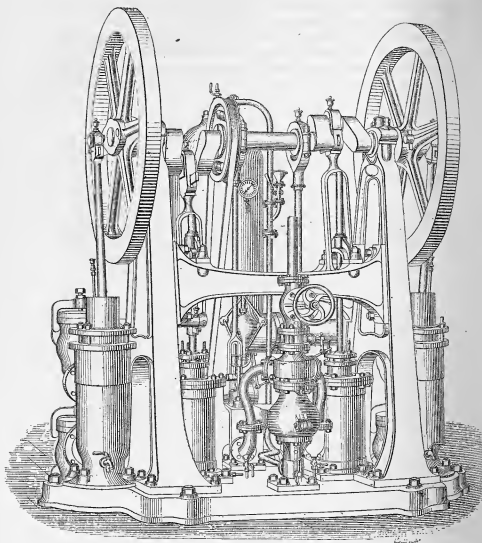


Fig. 63.

## PRESSES A ÉCUMES. — FILTRES-PRESSES

Avec les fortes proportions de chaux employées dans le procédé Possoz et Périer, il y a lieu de soigner tout particulièrement le travail des écumes.

Les premiers filtres-presses furent inventés par M. Danek, puis successivement perfectionnés par MM. Riedel et Kemnitz, d'une part, et MM. du Rieux et Roettger, d'autre part.

Cet appareil, représenté (fig. 64), se compose d'une série de plateaux circulaires AA' ou cadres disposés verticalement les uns auprès des autres, et qui

sont munis de talons, s'appuyant sur des arbres latéraux CC' et destinés à les soutenir et à leur donner la faculté de glisser, tout en permettant de les enlever quand cela est nécessaire.

A l'une des extrémités est disposé un fort plateau qui est fixe contre lequel viennent s'appuyer tous les cadres intérieurs, et qui reçoit les bouts des arbres latéraux sur lesquels glissent les cadres intérieurs. A l'autre extrémité il existe un plateau de même force, mais mobile, et qui vient s'appuyer contre les cadres intérieurs, tout en glissant aussi sur les arbres. Au moyen d'une vis d'étai supportée dans la traverse qui relie cette extrémité des deux arbres latéraux, on peut serrer aussi fortement que l'on veut le gros plateau mobile contre les cadres et les cadres contre le gros plateau fixe.

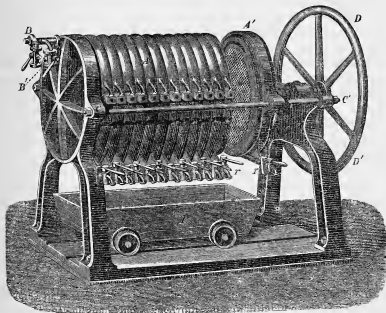


Fig. 64.

A l'autre extrémité du gros plateau fixe, pour relier les deux arbres parallèles, se trouve aussi une traverse en fer qui maintient tous les cadres. Chacun des cadres constitue un filtre qui extrait le liquide des matières qui lui ont été confiées. Chaque cadre est en fonte et pourvu de barreaux, sur chaque face desquels est placée une tôle perforée recouverte d'une toile filtrante en matière textile.

Lorsqu'on serre préalablement ces cadres les uns contre les autres, le creux qui a été ménagé avec intention sur chacune des faces de chaque cadre forme alors une chambre ou un espace vide, compris entre deux tôles perforées et deux toiles filtrantes, et appartenant par chacun des côtés à un cadre différent. C'est dans cet espace qu'arrive la matière et qu'elle se trouve soumise à la filtration et à la pression simultanées. Elle y arrive sous l'action d'un réservoir supérieur

de matières ou au moyen de pompes foulantes ou d'une pression de vapeur exercée sur elle dans un monte-jus, ou encore au moyen de l'air comprimé. Elle passe par un conduit ovale qui traverse tous les cadres et que l'on a eu soin de ménager dans la partie pleine et supérieure du bord du cadre, afin de ne pas être forcé d'entailler les toiles ou les tissus métalliques, puis se répand dans les divers compartiments formés entre les surfaces filtrantes de deux plateaux voisins, etc.

Par l'effet de la pression, la matière se filtre en traversant les tissus textiles ou métalliques, et par des conduits munis de robinets, elle finit par arriver au jour où on la recueille.

Cet appareil est très bon ; toutefois, dans ces derniers temps, il a subi diverses modifications ou perfectionnements que nous indiquerons.

#### FILTRE-PRESSE A LAVAGE ABSOLU

Le principe de cet appareil, dû à M. Daix, ne consiste pas comme dans les premiers filtres-presses à introduire l'eau de lavage par les ouvertures d'entrée des écumes, mais à utiliser l'eau de façon à déplacer pour ainsi dire le jus des tourteaux. Pour cela, par une disposition spéciale des conduits, on introduit l'eau de lavage dans l'espace vide qui se trouve derrière les tôles perforées de tous les plateaux impairs. Cette eau, sous l'action de la pression à laquelle elle est soumise, tend à traverser les tourteaux d'écumes puisque de l'autre côté des tourteaux (côté des plateaux pairs) il n'y a pas de pression. Mais pour traverser les tourteaux, l'eau est obligée de pousser devant elle, de déplacer les jus contenus dans ces tourteaux ; les jus ainsi poussés par l'eau vont se réunir dans les espaces vides qui se trouvent derrière les tôles perforées des plateaux de rang pair, et de là ils s'écoulent soit par les robinets placés à la partie inférieure des plateaux pairs, soit par un conduit ménagé dans l'intérieur ou à l'extérieur des plateaux. Les jus se rendent ainsi dans une noçhère ou dans un réservoir et de là sont envoyés aux traitements ultérieurs.

Ce mode de lavage est tout différent de l'ancien ; l'action de l'eau se produit, non plus dans le sens longitudinal des tourteaux, mais dans le sens transversal. En réalité il n'y a pas de lavage, mais déplacement du jus qui, poussé par l'eau, est remplacé par elle dans les tourteaux.

En général, les écumes de carbonatation contiennent une quantité de sucre variant entre 3 p. 100 à 4 p. 100.

Avec les filtres-presses à lavage absolu, on peut épuiser les écumes de manière à ne laisser après lavage que 0,25 à 0,50 de sucre par 100 kilogrammes d'écumes.

Si donc on admet le chiffre de 3 p. 100 comme représentant la quantité moyenne de sucre qu'on peut retirer des écumes, avec cet appareil on voit que son emploi permet d'économiser de 250 à 300 sacs de sucre par an, pour une fabrique travaillant 10 millions de betteraves.

En effet, on produit par la double carbonatation environ 10 p. 100 d'écumes, du poids des betteraves. Une fabrique travaillant 10 millions de betteraves produira environ 1 million d'écumes ; le sucre extrait à raison de 3 p. 100 sera d'environ 30.000 kilogrammes.

Cet appareil a un autre avantage; il permet d'obtenir des jus forts pendant la première partie du travail et des jus faibles pendant la deuxième partie. En supposant par exemple un lavage durant 12 minutes, on aura pendant 5 à 6 minutes un jus très fort, un jus normal qu'on peut envoyer directement soit à la deuxième carbonatation, soit à l'évaporation suivant les cas, et pendant les 5 ou 6 dernières minutes on aura des jus plus faibles qu'on emploiera pour délayer la chaux.

#### FILTRE-PRESSE UNIVERSEL

Cet appareil, représenté figure 63, se compose de 24 chambres à fermeture facile et très étanche. On sait que, pour pouvoir effectuer un épuisement rationnel et complet des tourteaux, il faut que tout l'air soit chassé des chambres de lavage. Dans la plupart des filtres-presses munis d'un lavage, cela se fait au moyen de robinets spéciaux actionnés par un ouvrier et en nombre égal à la moitié des compartiments. Ici, il suffit d'ouvrir et de fermer un seul robinet A pour pouvoir chasser tout l'air contenu dans les chambres de lavage et obtenir un épuisement complet des tourteaux.

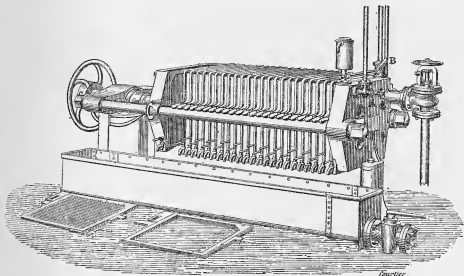


Fig. 63.

Dans ce système, pour contrôler le degré d'épuisement des tourteaux, la rigole qui reçoit le jus sucré est munie d'une échelle de jauge qui indique que la quantité d'eau déterminée à l'avance par l'expérience pour un désucrage complet, a bien été employée, quelle a traversé les tourteaux et que par suite on peut fermer le robinet à eau B.

## FILTRE-PRESSE KROOC

De tous les filtres-presses à déplacement de jus, celui-ci est le plus important. Il est construit par la Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin, et basé sur ce principe que le procédé propre à enlever des tourteaux d'écume la plus grande quantité de sucre ne peut, dans aucun cas, s'appeler un lessivage, mais un déplacement mécanique du jus contenu dans les pores des tourteaux. Nous donnerons plus loin quelques détails sur ce principe du déplacement.

Cet appareil est représenté par les figures 66 à 77.

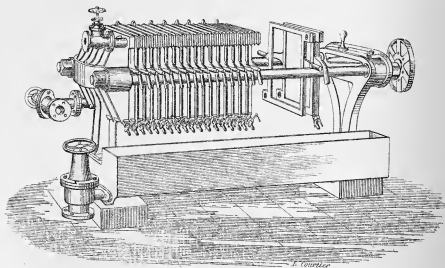


Fig. 66.

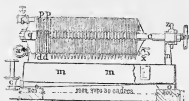


Fig. 67.



Fig. 68.



Fig. 69.



Fig. 70.



Fig. 71.



Fig. 73.



Fig. 72.



Fig. 74.



La figure 66 donne l'ensemble du filtre-pressé, puis : la figure 67, une vue et une élévation avec coupe partielle; figures 68, 69, vues de côté; figure 70, vue en plan; figure 71, mécanisme de serrage ouvert; figure 72, plateau d'écoulement avec manchette en caoutchouc au conduit inférieur; figure 73, plateau par lequel arrive l'eau de lavage, avec manchette en caoutchouc au conduit inférieur; figure 74, cadre avec manchette en caoutchouc au conduit supérieur.

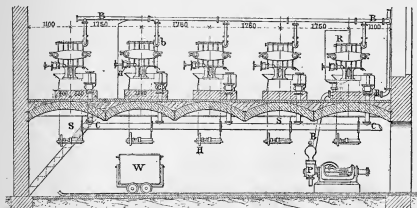


Fig. 75.

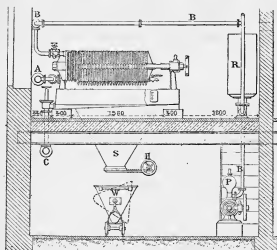


Fig. 76.

Sur la plaque de fondation *O* reposent le sommier fixe (*q*) et le support de la vis (*n*). Les tirants (*e*) qui réunissent le sommier fixe (*q*) au support de la vis (*n*) supportent les plateaux (*p*) et (*d*), les cadres (*r*) et le sommier presseur mobile (*r*).

Dans le support de la vis (*n*) se trouve articulée la pièce mobile (*g*) formant écrou de la vis en acier (*h*).

Les plateaux intermédiaires se divisent en 14 plateaux à écoulement (*p*) et 15 plateaux à pression (*d*); les sommiers extrêmes (*f*) et (*q*) font l'office de demi-plateaux à écoulement.

Les deux faces des plateaux à écoulement et à pression, et les faces intérieures des sommiers extrêmes sont cannelées verticalement jusqu'aux bords formant joint et recouverts de tôles perforées, de telle sorte que tôles et bords forment une surface plane.

Tous les plateaux et les sommiers sont munis de robinets d'écoulement, car, pendant la filtration, les plateaux à pression servent aussi à l'écoulement du jus; toutefois, les robinets des plateaux à pression ont des clefs exhaussées.

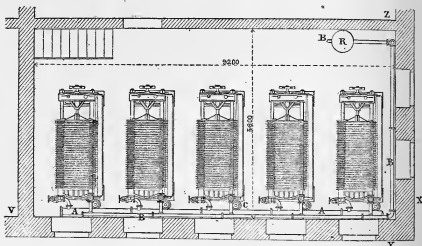


Fig. 77.

Pour la sortie de l'air nuisible au déplacement du jus, chaque plateau à pression porte une ventouse construite de façon qu'un léger dévissage permet l'échappement de l'air. Tous les cadres sont pareils. Tous les plateaux et cadres, ainsi que les sommiers portent des saillies diagonalement opposées, dont les orifices (*w*) et (*t*) forment lors du serrage des plateaux, deux conduits; le conduit inférieur (*s*) pour l'entrée des écumes et le conduit supérieur (*w*) pour l'entrée de l'eau.

Ces conduits sont en outre munis deux à deux de bagues en caoutchouc faisant saillie sur les plateaux et cadres, et lorsqu'on serre le filtre-press, ces bagues se compriment et font joint; on supprime ainsi les manchettes incommodes, en toile, utilisées dans beaucoup d'autres filtres-presses.

Le conduit à écumes (*s*) est en communication avec l'espace du cadre où se forme le tourteau par des petits canaux transversaux (*u*), et le conduit d'eau (*w*) est en communication avec l'espace du plateau à pression (*d*) par des petits canaux transversaux (*v*).

Le conduit d'écume porte à son entrée une soupape (*a*) et à sa sortie un robinet de vidange (*x*). Le conduit d'eau porte la soupape d'introduction (*h*): La

grande gouttière forme avec ses appendices une forte plaque de fondation; au bout de la gouttière se trouve la soupape de vidange (c) et à l'intérieur une échelle graduée.

Le filtre-pressé est prêt à fonctionner lorsque les plateaux intermédiaires et les sommiers extrêmes sont garnis de toiles. Ces toiles recouvrent non seulement les tôles perforées mais aussi les bords formant joints.

#### MISE EN TRAIN DU FILTRE-PRESSE

Avant la mise en train, l'appareil étant préalablement garni de toiles, il faut s'assurer que tous les robinets des plateaux et la soupape ou le robinet de vidange de la gouttière sont ouverts.

Pour éviter la perte de gouttelettes suintant par les toiles, on place une tôle sous le filtre-pressé, de telle sorte qu'elle repose d'un côté sur la gouttière et soit maintenue de l'autre par des crochets suspendus aux poignées des cadres avec une petite pente vers la gouttière. La position de cette tôle est indiquée par la coupe V X (fig. 75).

Le robinet de vidange X du sommier mobile, ainsi que la soupape d'arrivée d'eau sont bien entendu fermés.

On ouvre alors la soupape d'arrivée d'écumes et aussitôt le jus clair s'écoule vivement par les robinets dans la gouttière.

Au fur et à mesure que le tourteau se forme, la vitesse d'écoulement diminue peu à peu jusqu'à ce que le jus ne sorte plus que par gouttelettes, ce qui indique la formation complète du tourteau.

On ferme alors la soupape d'arrivée d'écumes (a) et les robinets à clefs haussées placés sur les plateaux à pression, ainsi que la soupape et le robinet de vidange de la gouttière C.

Les ventouses (l) des plateaux à pression (d) sont ouvertes en ne faisant qu'un seul tour.

Le déplacement du jus ne peut avoir lieu en ouvrant la soupape à eau.

L'eau pénètre dans les plateaux à pression (d) et l'air s'échappe par les ventouses (l) qui doivent être fermées dès que l'on voit sortir un mince filet d'eau, ce qui indique que les plateaux à pression sont remplis; alors tous les robinets à clefs courtes des plateaux à écoulement (p) ainsi que ceux des plateaux extrêmes, redonnent du jus.

Ce nouvel écoulement de jus se fait, non seulement en même temps, mais aussi avec la même intensité par tous les plateaux à écoulement.

Par contre, les robinets placés sur les plateaux extrêmes coulent avec une intensité moitié moindre, le jus ne sortant que d'un tourteau.

Le moment d'arrêt de l'opération du déplacement est donné par la quantité de jus écoulé dans la gouttière, quantité qui dépend naturellement de la grandeur du filtre-pressé.

Cette quantité est de :

200 litres pour un filtre-pressé à . . . . .	30 cadres . . . . .
160 litres pour un filtre-pressé à . . . . .	24 — . . . . .
120 litres pour un filtre-pressé à . . . . .	18 — . . . . .

Lorsque le jus se trouve dans la gouttière à une hauteur déterminée et indiquée par une échelle graduée, on ferme la soupape à eau, et on procède à la vidange du filtre-pressé.

Pour cela, on laisse écouler d'abord le jus provenant du déplacement par la soupape de vidange C, puis on couvre la gouttière avec une tôle qui sert à l'écoulement des eaux ayant participé au déplacement du jus.

Après avoir fait sortir l'eau contenue dans les plateaux à pression en ouvrant les robinets à clefs exhaussées et le peu d'eau restée dans le conduit à écumes par le robinet X fixé sur le plateau presseur, on peut procéder à la vidange du filtre-pressé.

On commence par desserrer la vis, puis deux ouvriers poussent le sommier mobile en le prenant par les poignées, contre le support de la vis, et détachent ainsi la toile du tourteau contigu. Ils prennent avec une main les poignées du cadre à vider et le poussent pendant qu'ils tiennent avec l'autre main le dos de la toile du plateau suivant pour l'empêcher de bouger. Le cadre est ensuite poussé jusqu'au milieu de l'espace libre, après quoi un petit coup avec la main sur le tourteau suffit pour le faire sortir du cadre.

Pour continuer la vidange, les ouvriers poussent le plateau suivant en prenant le cadre continu par les poignées jusqu'au cadre vide et ramènent le cadre au milieu de l'espace vide, tout en ayant soin de maintenir avec une main la toile du plateau duquel on détache le cadre ramené.

Le cadre étant vide comme le premier, on le repousse vers le sommier mobile.

La vidange est ensuite continuée de la même manière.

#### PRINCIPE DU DÉPLACEMENT

Ce principe, sur lequel est fondé le fonctionnement du filtre-pressé que nous décrivons, est celui de la transmission uniforme de la pression dans un liquide.

Si l'on établit entre deux tourteaux complètement formés d'un filtre-pressé, une couche d'eau en remplissant les espaces vides du plateau qui sépare les deux tourteaux, après en avoir préalablement chassé l'air par de l'eau, et que l'on mette cette couche sous pression, cette pression se transmettra uniformément au travers de l'eau remplissant le plateau. Si, par exemple, la pression est de 3 atmosphères, l'eau agira alors avec une pression de 3 kilogrammes par centimètre carré sur la surface des tourteaux. Ceux-ci se composent d'un dépôt d'une quantité infinie de particules solides, qui, bien qu'étant liées étroitement entre elles en raison de leur formation sous pression, laissent des intervalles que l'on peut considérer comme les pores des tourteaux, pores qui, après une filtration, sont remplis de jus.

Chaque tourteau, formé par la filtration, contient 50 p. 100 de son propre poids de jus. Comme d'un côté du tourteau se trouve l'eau sous pression, tandis que de l'autre côté les pores débouchent dans un espace sans pression, le jus devra sortir de ce dernier côté.

La vitesse de sortie de l'eau, dépend non seulement de la pression de l'eau,

mais aussi de la finesse des pores des tourteaux. Comme tous les tourteaux se forment en même temps et sont de la même composition tout en ayant la même épaisseur, il s'ensuit que la sortie du jus des tourteaux se fera en même temps partout, et avec la même intensité, puisque l'eau est sous la même pression dans les plateaux. Au fur et à mesure que le jus sort d'un côté du tourteau, l'eau y entre de l'autre, le plan de contact de l'eau et du jus avancent toujours vers la sortie; lorsque l'eau a atteint cette sortie, le déplacement est terminé.

Le déplacement produit un désucrage du tourteau d'autant plus efficace que le sucre contenu dans les écumes non désucriées est plus dissous dans le jus.

Pour arriver à ce résultat, il est nécessaire d'opérer une bonne saturation et de refouler les écumes à la plus haute température possible. C'est avec le déplacement que l'on obtient un jus qui ne diffère presque pas du jus décanté; un lessivage des écumes se produit seulement après le déplacement. On peut se servir pour ce déplacement d'eau froide ou chaude à volonté.

Pour le bon fonctionnement d'un filtre-pressé, fondé sur ce principe, il est de toute nécessité d'avoir une fermeture assurant l'étanchéité de l'appareil.

#### INSTALLATION DE 5 FILTRES-PRESSES A 30 CADRES

Nos figures 75, 76, 77 représentent deux coupes et un plan d'une installation de 5 filtres-presses à 30 cadres pour une usine travaillant 250.000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures.

Les écumes arrivent par le tuyau A, se distribuent aux soupapes d'introduction et de là pénètrent dans les filtres-presses.

Le jus qui s'écoule arrive par la soupape de vidange de jus C dans la conduite C. Lorsqu'il y a beaucoup de pierres dans les écumes, il est nécessaire d'intercaler un épierreur.

La pompe P sert au refoulement de l'eau produisant le déplacement; cette eau est refoulée d'abord dans le régulateur de pression R qui a pour but d'adoucir les chocs de la pompe et en même temps de servir de réservoir pour la quantité nécessaire au remplissage rapide d'un filtre-pressé lors du déplacement.

On peut utiliser également une pompe alimentaire ayant un grand réservoir d'air.

Il serait préférable cependant, lorsqu'il s'agit d'installer un grand nombre de filtres-presses de prendre une pompe spéciale avec un régulateur de pression. La pompe marche continuellement, et on la dispose de manière qu'elle donne avec une marche ralentie un peu plus que la quantité nécessaire. L'eau est conduite par le tuyau de refoulement B.

Au lieu d'une pompe, on peut aussi se servir d'un monte-jus fonctionnant soit par la vapeur, soit par l'air comprimé, et ayant mêmes dimensions que le régulateur de pression R.

L'eau qui provient du tuyau B arrive en passant par les soupapes (b) dans les filtres-presses.

La pression de l'eau doit être la même que celle sous laquelle se forment les tourteaux dans les filtres-presses; une pression plus forte charge inutilement

les toiles, tandis qu'une plus faible ralentit le déplacement. Sous une pression de 3 atmosphères, le déplacement dure environ dix minutes.

Pour faciliter la vidange, il est bon de disposer sous chaque filtre-presse une trémie S pouvant être fermée à sa partie inférieure par un tiroir que l'on manœuvre au moyen d'un volant à main H.

W est un wagonnet sur rails servant à l'enlèvement des écumes.

La largeur d'un filtre-presse est toujours la même, qu'il soit à 18, 24 ou 30 cadres.

Il est bon d'avoir entre chaque filtre-presse une distance de 1<sup>m</sup>,750 d'axe en axe.

La largeur de l'emplacement dépend de la longueur des filtres-presses et, par conséquent, du nombre de cadres.

Le travail moyen de ces filtres est le suivant :

Pour 18 cadres . . .	30.000 kilogrammes de betteraves
Pour 24 cadres . . .	40.000 —
Pour 30 cadres . . .	50.000 —

#### FILTRE-PRESSE MONSTRE

Aujourd'hui la tendance des fabriques françaises est d'adopter les filtres-presses de grandes dimensions; le filtre Kroog, que nous venons de décrire, est déjà fort grand, celui dont nous allons parler l'est plus encore. Il porte le nom de filtre-presse monstre Dehne et est représenté figure 78.

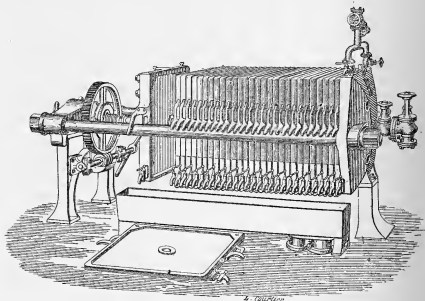


Fig. 78.

Pour les grandes usines, l'emploi de ces énormes engins a l'avantage appréciable de restreindre la main-d'œuvre dans une grande proportion.

Ce filtre peut comprendre quarante plateaux de 1 mètre de côté. Les tourteaux recueillis ont une épaisseur 30 millimètres. Chaque pressée renferme 1300 kilogrammes d'écumes. La manœuvre est fort simple; un seul homme suffit pour conduire un filtre.

Trois filtres-presses-monstres peuvent suffire au travail de 5000 hectolitres de jus en vingt-quatre heures et peuvent remplacer seize filtres-presses ordinaires à lavage et à douze chambres.

Il paraît probable que ces appareils seront de plus en plus employés pour l'extraction du sucre contenu dans les écumes.

#### DÉPLACEMENT ET LAVAGE DANS LES FILTRES-PRESSES

Pour opérer le déplacement du jus dans les filtres-presses remplis d'écumes ou le lavage de ces écumes par une injection d'eau sous pression, nous avons vu qu'on pouvait employer une pompe à double effet. La figure 79 représente une machine de ce genre, à moteur direct.

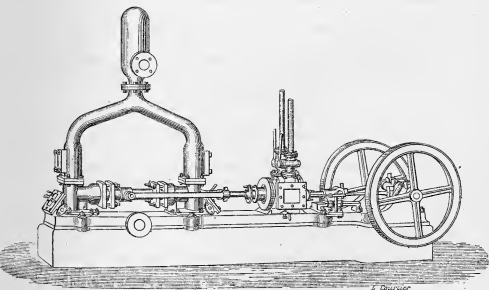


Fig. 79.

Les clapets d'aspiration s'ouvrent mécaniquement au moyen d'un excentrique calé sur un vilbrequin.

Il est indispensable pour le bon fonctionnement de cette machine de lui adjoindre sur les conduites de refoulement un réservoir d'air de grande capacité avec soupape de sûreté. Ce réservoir doit se placer le plus près possible du point de jonction des tuyaux de refoulement des pompes.

Le traitement et l'épuration des jus sucrés sont devenus beaucoup plus faciles depuis que l'on travaille des betteraves très riches, parce que celles-ci ont généralement un degré de pureté très élevé variant entre 80 et 90. Aussi a-t-on pu

abandonner dans beaucoup de cas l'emploi du noir animal et le remplacer par la filtration mécanique.

L'emploi du noir, sur lequel nous aurons à nous étendre bientôt, est certainement encore pratiqué sur une grande échelle pour la purification du *sirop* soit en sucrerie soit en raffinerie, mais dans le cas spécial qui nous occupe en ce moment, pour les jus de carbonatation, le noir animal est avantageusement remplacé par la filtration mécanique.

En effet, le noir ne sert qu'à décolorer les jus et à absorber une légère proportion de la chaux alcaline laissée dans les jus après la deuxième carbonatation. Mais le noir coûte, les frais d'achat, les frais de revivification, de réparation des fours, etc... De plus, il agit souvent comme oxidant, et les jus ou sirops sont parfois plus troubles à la sortie des filtres qu'à leur entrée.

Quelle que soit la quantité d'eau de lavage employée pour le dégraissage des filtres, le noir retient du sucre. Par ce dégraissage, on fait rentrer dans le travail une grande partie des impuretés qu'il a retenues physiquement et chimiquement, car plus on le lave, et plus la chaux qu'il a pu absorber passe dans les eaux de lavage.

Enfin l'eau de dégraissage augmente les frais d'évaporation dans une proportion assez considérable.

Mais pour pouvoir supprimer le noir, il faut une filtration mécanique.

#### FILTRATION MÉCANIQUE PUVREZ

L'épuration mécanique joue aujourd'hui un rôle important dans la fabrication du sucre.

Après cette épuration, les jus et les sirops donnent un rendement bien plus élevé en sucre tout en produisant un sucre plus beau et à plus haut titre.

C'est à M. Puvrez que l'on doit la filtration mécanique des jus et sirops au travers de tissus à mailles serrées. Son bac-filtre constitue l'application la plus pratique et la plus rationnelle du système de filtration économique ou filtration par poches.

Celles-ci, d'une longueur variable et au nombre de 3, 4, 5 ou 6 suivant l'importance de la fabrique, sont disposées dans des formes ou auges en toile métallique. Elles sont donc maintenues dans une position déterminée sur une surface à claire-voie, ce qui augmente leur puissance de filtration.

Chaque poche est attachée par ses deux extrémités. D'un côté à un premier avant-bout communiquant avec une soupape d'entrée des jus, et de l'autre à un second avant-bout relié à une soupape d'évacuation des matières troubles. On ménage une légère pente aux auges de façon à ce que la vidange puisse être complète.

En marche, la soupape d'entrée seule est ouverte. Les liquides pénètrent dans la poche, traversent le tissu en lui abandonnant toutes leurs impuretés mécaniques et s'écoulent par une tubulure ménagée au fond du bac.

Lorsqu'il s'agit de procéder au changement des poches, il suffit de fermer la soupape d'entrée et d'ouvrir la soupape d'évacuation par laquelle les parties



troubles s'écoulent vers le bac aux écumes. La poche se vide parfaitement en quelques instants, et l'ouvrier n'a plus qu'à enlever le tissu, ce qui est d'une manipulation facile.

Ce bac-filtre est muni d'un système de fermeture consistant en portes que l'on ouvre pour la manœuvre des poches et que l'on tient fermées pendant que l'appareil fonctionne.

Ces appareils ont été perfectionnés ou remplacés dans beaucoup de cas par des filtres mécaniques analogues aux filtres-presses à écumes ou plutôt ayant une grande analogie avec les appareils nommés osmogènes, dont nous parlerons plus loin.

#### FILTRE MÉCANIQUE WACKERNIE

Cet appareil, représenté figure 80, opère la filtration en vase clos ; il supprime l'emploi onéreux des toiles et des tissus, et peut fonctionner pendant toute une campagne sans démontage et sans remplacement de la matière granulaire spéciale dont il est garni.

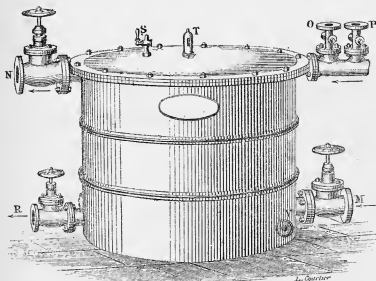


Fig. 80.

On peut le garnir aussi partiellement, ou même exclusivement de noir animal.

Il comprend les pièces suivantes :

- M Arrivée des liquides à filtrer et à épurer.
- N Sortie des liquides épurés.
- O Eau
- P Vapeur } pour revivification de la matière filtrante.
- R Sortie des impuretés et des produits de lavage.
- S Purgeur d'air et robinet de preuve.
- T Soupape de sûreté que l'on peut remplacer par une vis munie d'un volant.
- V Eau pour désucrage ou dégraissage du filtre avant le lavage.

Le débit de l'appareil est considérable tout en ne fonctionnant qu'avec des pressions ou chutes très faibles. Les organes intérieurs, facilement démontables, sont composés de cylindres filtrants destinés à contenir les matières. Ces éléments sont juxtaposés, mais séparés par des joints qui garantissent l'étanchéité, et qui s'opposent d'une façon absolue à ce que le liquide longe la paroi intérieure du filtre sans effet utile. Cette disposition facilite l'usage dans le même appareil de substances uniformes ou différentes.

La matière filtrante granulaire dont ce filtre est généralement garni est un corps neutre inattaquable aux acides et aux alcalis. La revivification s'opère par eau et vapeur dans l'appareil même, quand les besoins du travail la rendent nécessaire.

#### FILTRE A SAC KASALOWSKY

Pour filtrer les liquides avec succès, il est nécessaire avant tout, de donner à l'appareil ou à l'agent filtrant une surface *active* assez grande pour que le liquide puisse la traverser lentement sans causer de retards préjudiciables.

Comme nous venons de le voir, un des desiderata de la fabrication du sucre est d'arriver à l'épuration des écumes et des jus par la voie mécanique, la plus simple, la moins coûteuse, d'arriver à bien travailler dans les sucreries complètement sans noir, et dans les raffineries en employant le moins de noir possible.

Le filtre à sac Kasalovsky, à ce double point de vue, présente des avantages sérieux.

L'emploi dans cet appareil de cadres avec tissu métallique en fils spiriformes qui servent de garnitures aux sacs à filtrer, résoud le problème de la recherche d'une surface filtrante active, d'une grande étendue dans un espace relativement restreint. Le tissu est choisi de telle façon qu'il offre un appui solide à la toile filtrante, et les tours de spire, c'est-à-dire l'emplacement formé par les spirales, assure au liquide filtré un passage libre, à n'importe quelle pression.

Comme la toile filtrante s'appuie simplement contre les fils du tissu, les 90 p. 100 de la surface filtrante restent actifs, et c'est là un grand avantage procuré par ce système.

La manœuvre en outre est très simple, car les cadres du filtre sont simplement suspendus dans la caisse d'où on peut les retirer sans aucun desserrage préalable, et les remplacer par des cadres de rechange qu'il suffit de suspendre à la place des premiers.

La partie supérieure de la caisse est hermétiquement fermée par un couvercle équilibré. Sur la caisse même sont montées sur une soupape d'entrée pour le jus, une soupape pour la sortie du dépôt boueux ou des écumes, une soupape pour l'eau et une pour la vapeur, la dernière servant à laver l'appareil. Au-dessous de la sortie du jus, il y a une auge ouverte ou fermée, d'où le liquide filtré sort par une tubulure placée à la partie inférieure. Les sacs à filtrer sont en étoffe de coton.

On a cherché à perfectionner encore la filtration mécanique en faisant une filtration tout à la fois mécanique et physique au moyen de l'appareil suivant.

## FILTRE-ÉPONGE PERRET

Cet appareil, représenté figure 81, se compose essentiellement d'une masse de coton peu tordu et lissé à larges mailles, plongeant dans une noyère ou bac en tôle d'une longueur indéterminée et d'une section de 0<sup>m</sup>,45 sur 0<sup>m</sup>,60 environ. C'est un système d'éponges baignées par le courant du jus à filtrer.

Dans toute la longueur du bac sont placés de 0<sup>m</sup>,20 en 0<sup>m</sup>,20 des cadres en tôle perforée. Sur ces cadres, le tissu de coton serré en nombreux plis, rappelle les feuillets d'un livre. Ces cadres-éponges sont serrés à volonté.

Le jus sucré arrive sans pression à l'une des extrémités et traverse ces éléments d'éponges où il se débarrasse graduellement de toutes ses impuretés et sort complètement limpide à l'autre extrémité.

Si le liquide arrive plus ou moins boueux, les boues sont arrêtées *mécaniquement* par les premiers éléments et le liquide encore louche se clarifie durant le reste du trajet, cette fois par *filtration physique*.

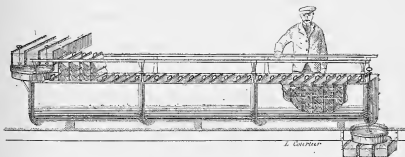


Fig. 81.

Indépendamment des sels calcaires et de tous les corps en suspension retenus par le filtre-éponge, une certaine quantité de sels solubles contenus dans les jus est aussi absorbée. En particulier, cet appareil élimine des jus une quantité de matières organiques plus grande que ne le fait le noir.

Quant à la revivification ou lavage dans la pratique, étant donné un filtre-éponge neuf, on y fait d'abord passer du sirop, puis du jus, et après six à huit heures de marche, on passe à un filtre lavé et on lave celui qui a servi. L'opération est très simple. Le jus restant dans le filtre est renvoyé aux filtres-presses.

Les cadres-éponges sont mis à l'égouttage.

Après égouttage, ces cadres-éponges sont lavés sur place par agitation dans de l'eau. On fait deux lavages, et le filtre-éponge ainsi revivifié est prêt à rentrer en service. Le coton peut durer deux ans au moins. Les frais de main-d'œuvre et d'installation sont très réduits.

Ce filtre trouve une excellente application dans les sucreries :

- 1<sup>o</sup> Comme dépulpeur après les presses de toutes natures;
- 2<sup>o</sup> Comme dépulpeur entre la première et la deuxième carbonatation;

3° Comme filtre agissant à l'instar du noir par absorption sur les jus avant évaporation par adhérence sur les sirops avant la cuite.

Il peut encore être appliqué à la filtration des eaux et sirops d'osmose.

Son effet peut être très favorable :

1° *Sur la carbonatation.* — Le jus dépouillé de pulpes folles nécessite moins de chaux, par suite moins d'acide carbonique; il en résulte une carbonatation plus prompte.

2° *Sur la seconde carbonatation.* — En ce sens que le jus absolument dépouillé de toutes matières organiques par un nouveau dépulpage, la seconde carbonatation est plus rapide, et l'on peut sans danger la pousser à fond jusqu'à la neutralisation complète de tous les alcalis.

3° *Sur les filtres-presses.* — L'absence de pulpes folles en suspension à la première carbonatation produit des tourteaux plus secs, plus rapidement et mieux épuisés.

4° *Sur l'évaporation.* — En effet, il n'y a plus d'eau de lavage et de dégraisage à la filtration, par suite moins d'incrustation terreuse sur les tubes d'évaporation; pas de pulpes folles, par suite moins d'incrustation végétale sur les tubes du triple effet.

5° *Sur la cuite.* — Les sirops de premier jet étant mieux dépouillés, les cuites ne sont jamais grasses. Les deuxièmes jets cuisent plus secs, par suite la cristallisation n'est pas empêchée, le titrage et le rendement sont plus élevés.

6° *Sur le travail de l'osmose,* en dépouillant les sirops avant et après osmose en clarifiant les eaux calcaires.

#### INCRUSTATIONS ET DÉPÔTS DANS LES FILTRES

Il arrive souvent que les boues qui se déposent sur les toiles des filtres arrêtent le débit de ces appareils après quelques heures de marche.

Ces dépôts sont d'apparence gluante et visqueuse. Ils sont généralement constitués, les uns, par du carbonate de chaux; d'autres, par du carbonate de chaux associé à de la silice, à de l'alumine hydratée et à des acides gras.

Ceux composés de carbonate de chaux seul, proviennent d'une saturation poussée trop loin et ayant donné lieu à la formation de bicarbonate qui, par l'ébullition et la concentration dans le triple effet s'est transformé en carbonate insoluble, dont une partie encrasse les tubes de l'appareil évaporatoire, tandis que le reste vient tapisser les toiles des filtres qu'il obstrue.

On évite cet inconvénient en poussant moins fort la saturation.

Lorsque les incrustations sont formées de silice, d'alumine hydratée et d'acides gras combinés à la magnésie, leurs éléments sont empruntés d'une part, aux graisses animales ou végétales, et d'autre part, aux impuretés de la chaux.

Dans ce cas, il faut remplacer les graisses animales par des graisses minérales ou par des émulseurs à vapeur ou mécaniques et ne pas employer de la chaux magnésifère.

## EMPLOI DU NOIR ANIMAL

Nous avons dit précédemment que l'emploi de cette matière tendait à disparaître de la fabrication du sucre, tout au moins dans son application aux premiers filtrages; mais comme elle est encore très utilisée à certains autres moments de la fabrication et notamment en raffinerie, que son emploi a constitué en tous cas, et pendant bien longtemps, une des bases de l'épuration du sucre, nous entrerons à son sujet dans quelques détails nécessaires.

Le noir animal est le produit de la calcination des os en vase clos; on l'emploie généralement en sucrerie sous forme de grains de différentes grosseurs.

C'est en somme un mélange de charbon très divisé et de phosphate de chaux. C'est à l'état de division extrême, jointe à la porosité très grande du phosphate de chaux des os, que le noir animal doit ses propriétés non seulement décolorantes, mais encore absorbantes.

Le pouvoir décolorant dépend beaucoup de la densité du phosphate de chaux. Un phosphate lourd donnera un noir peu décolorant. Un phosphate léger, offrant sous un même poids un plus grand volume que le premier, présentera aussi des points de contact plus multipliés avec la matière à décolorer.

Un noir de bonne qualité doit être d'une teinte mate, et de plus, sa porosité doit être aussi grande que possible. Deux noirs de porosité différente ne happeront pas à la langue au même degré. Plus le noir happera à la langue, plus il aura de valeur; plus le noir sera poreux, plus sa densité sera faible.

Un bon noir d'une grosseur convenable devra peser de 1.000 à 1.350 grammes au litre.

Quand un noir n'est pas suffisamment calciné, il est d'un brun roux, quand au contraire, il l'est trop, sa teinte est grise ou blanche; dans ce dernier cas il ne décolore plus du tout.

Récemment préparé, le noir neuf absorbe rapidement l'humidité de l'air; il en absorbe 10 p. 100 de son poids.

La composition moyenne du noir est la suivante :

Phosphate de chaux $\text{PhO}^5\text{3CaO}$ . . . . .	75
Carbonate de chaux . . . . .	9
Sulfure de calcium . . . . .	4
Sulfure de fer . . . . .	3
Carbone . . . . .	9 à 10
	<hr/> 100

Si le pouvoir décolorant d'un noir ne suffit pas pour en déterminer la valeur, il est cependant bon de savoir comment on doit opérer pour le fixer.

L'instrument que l'on emploie dans ce but se nomme colorimètre, et nous en décrirons l'emploi plus loin avec détails.

Le noir animal, avons-nous dit, se fait avec des os d'animaux mammifères dont la composition moyenne est la suivante :

Matières organiques	Tissus fibreux . . . . .	32
	Eau . . . . .	8
	Graisse . . . . .	9
	Albumine . . . . .	1
	Phosphate de chaux . . . . .	38
Matières minérales	Phosphate de magnésie . . . . .	2
	Carbonate de chaux . . . . .	8
	Fluorure de calcium . . . . .	2
	Chlorure de sodium . . . . .	
	Chlorure de potassium . . . . .	
	Sulfates . . . . .	
	Matières diverses . . . . .	

## ACTION DU NOIR

Le noir animal agit de deux façons, physiquement et chimiquement.

Le carbonate d'ammoniaque qui se produit pendant les opérations de la calcination condensé dans les pores du noir, réagit sur les sels neutres de chaux pour donner naissance à un sel correspondant d'ammoniaque et à du carbonate de chaux insoluble. Le sel ammoniacal qui s'est formé se décompose souvent pendant les opérations de la concentration en donnant naissance à de l'ammoniaque qui se dégage et à une matière organique insoluble qui se trouve ainsi éliminée de la dissolution par voie de précipitation.

Mais c'est surtout à la porosité du noir qu'il faut attribuer son action épurante.

Les pores du noir représentent une série de tubes capillaires d'un diamètre infiniment petit, et c'est grâce à leur action que l'on peut, par un phénomène d'osmose, éliminer les sels et les matières organiques contenues dans la dissolution à filtrer.

Le noir animal a la supériorité sur la plupart des corps poreux quand il s'agit d'épurer les jus sucrés.

Les os, quoique de composition minérale principalement, possèdent un nombre considérable de petits canaux qui servent à établir une communication constante du centre à la périphérie.

Pendant la calcination, lors de la fabrication du noir animal, ces canaux sont respectés, et si la chaleur a pour effet de produire un phénomène de contraction, cette contraction n'est pas suffisante pour les oblitérer; elle n'a pour conséquence que d'augmenter la force de capillarité en diminuant la section de chacun d'eux.

Le noir agit encore autrement et sous l'influence de l'état très ténu sous lesquels les corps se trouvent en contact dans les pores, il se produit des réactions qui ne pourraient avoir lieu au sein d'une dissolution ordinaire.

C'est à cette triple action du noir qu'il faut attribuer ses propriétés épurantes qui en font un agent encore très précieux dans la fabrication du sucre.

Le noir enlève au sirop de 23 à 30 p. 100 des matières colorantes qui y sont contenues.

Quant à la proportion des matières minérales enlevées, elle varie; généralement on compte que 100 kilogrammes de noir enlèvent de 1<sup>re</sup>,500 à 2 kilo-

grammes des matières salines renfermées dans le sirop, et de 2<sup>lit</sup>,500 à 3 kilogrammes de chaux alcaline.

L'action du noir étant établie, on pourra déterminer facilement la quantité qu'il faudra employer pour atteindre une épuratation donnée.

Soit, par exemple, un travail de 2.000 hectolitres de jus en vingt-quatre heures; si nous admettons que ce jus, pris après la carbonatation ait la composition suivante :

Sucre. . . . .	8	kilogrammes par hectolitre
Sels ou cendres . . . . .	0,7	— —

composition qui correspond à un coefficient salin égal à  $\frac{8}{0,7} = 11,43$ , et qu'on veuille épurer au point de remonter le coefficient à 16. Ce coefficient de 16 correspond à 0<sup>lit</sup>,5 de cendres pour 8 kilogrammes de sucre; on a donc à éliminer 0<sup>lit</sup>,2 de cendres, soit 400 kilogrammes pour le travail de 2.000 hectolitres. La quantité de noir à employer est alors  $\frac{400 \times 100}{2,5} = 16000$  kilogrammes.

Il convient en pratique d'augmenter la quantité ainsi déterminée de 10 p. 100 et de la porter à 18.000 kilogrammes.

Nous avons dit précédemment que la tendance actuelle en sucrerie était de supprimer le noir ou tout au moins de restreindre beaucoup son emploi. Mais dans le cas où l'on supprime le noir, il sera bon, comme nous le verrons bientôt, de monter le système de l'osmose.

Mais pour le sirop, il paraît impossible de se passer complètement du noir; son action sur le sirop est très grande, ceci à la condition, bien entendu, qu'il ait été revivifié.

#### FILTRES A NOIR

Les filtres sont *ouverts* ou *fermés*. La figure 82 représente la disposition adoptée généralement. Les filtres *ouverts* sont des cylindres de 1<sup>m</sup>,30 de diamètre sur 2<sup>m</sup>,500 de hauteur portant à la partie inférieure un trou d'homme B placé au-dessus d'un faux fond percé de petits trous d'environ 1 centimètre de diamètre; sur ce faux fond en bois se trouve tendue une toile GH. Entre le faux fond et le fond du filtre on remarque un tuyau I pour l'écoulement du liquide filtré. Ce tuyau, qui se fixe sur le fond du filtre, vient déboucher dans un tuyau collecteur J' qui est en avant de la rangée de filtres. Un robinet R permet d'intercepter les communications avec le tuyau collecteur, et un deuxième robinet D, placé à la partie inférieure, sert à la vidange du filtre. Les jus et sirops qui doivent être filtrés arrivent au-dessus du filtre; il y a généralement trois tuyaux, un pour les jus J, un pour les sirops S, et le troisième E pour l'eau.

Pour empêcher le refroidissement des filtres, on les entoure de matières calorifuges, car il est nécessaire, pour que le noir agisse bien, de le maintenir à une température comprise entre 65 et 90 degrés, sans quoi la fermentation peut se déclarer.

Quand un filtre a fonctionné pendant six ou huit heures, les pores du noir se bouchent et l'absorption des matières étrangères ne se fait plus.

On procède alors au dégraissage des filtres. C'est une opération qui consiste à retirer par des lavages à l'eau chaude le sucre et les matières étrangères susceptibles d'être entraînées par ces lavages, après quoi on retire le noir par le trou d'homme, et on lave bien le filtre à l'eau ordinaire et même à l'eau faiblement chaulée. Les lavages exécutés, on procède au chargement du filtre de la façon suivante :

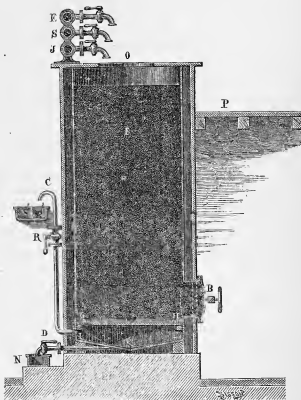


Fig. 82.

Sur la tôle perforée on place une toile à tissu légèrement serré. Si on a du noir neuf à sa disposition, on le verse sur ce fond ainsi préparé, sur une hauteur de 100 à 150 millimètres, puis on met le noir revivifié au-dessus, en ayant soin de tasser fortement le long de la circonférence du filtre. On verse le noir jusqu'à 0<sup>m</sup>,400 à 0<sup>m</sup>,500 de la partie supérieure du filtre, puis on place souvent sur le noir une claie de presse ou mieux une tôle perforée afin de mieux répartir le jus ou le sirop à filtrer sur la surface du filtre, et éviter qu'il ne se forme des trous à la surface de la couche de noir, ce qui pourrait donner lieu à la formation de chemins dans l'intérieur de la masse.



Avant de procéder à la filtration, on lave le noir à l'eau chaude ou à la vapeur, afin d'échauffer la masse, ce qui facilite beaucoup la filtration. On fait alors arriver sur le filtre neuf les sirops à filtrer qui marquent généralement 20 à 22 degrés. Ces sirops doivent avoir une température d'environ 90 degrés. On fait la filtration le plus lentement possible, car l'expérience a prouvé qu'un volume de noir épurerait d'autant mieux une quantité donnée de jus sucré qu'il restait plus longtemps en contact avec lui.

Les filtres *fermés* sont généralement employés en Allemagne et en Autriche.

On peut dire que ces filtres fournissent un travail plus rationnel. Une bonne filtration nécessite, en effet, trois conditions :

- 1° Une température élevée et constante ;
- 2° La pression ;
- 3° Le contact prolongé du noir avec le liquide sucré.

Les filtres clos, à petite section et à grande hauteur, satisfont à ces conditions. Ils sont toujours pleins de liquide, et le noir étant à l'abri du contact de l'air, on n'a pas à craindre la fermentation. Les filtres allemands ont environ 1 mètre de diamètre avec 3 à 6 mètres de haut. Deux trous d'hommes placés l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure servent au chargement et au déchargement des filtres.

Le fond de l'appareil est formé par un cône renversé du sommet duquel part la tubulure pour la sortie des eaux de dégraissage et des liquides filtrés ; ces derniers remontent par un tube vertical placé devant les filtres pour se rendre dans le tuyau collecteur.

À la partie supérieure se trouvent cinq tubulures servant à amener séparément :

- 1° Les sirops ; 2° les jus ; 3° la vapeur ; 4° l'eau ; 5° l'acide carbonique.

## REVIVIFICATION DU NOIR

Nous avons vu que pour conserver au noir son efficacité, il fallait maintenir ses pores dans leur état de capillarité initiale. Pour arriver à ce résultat on le soumet à la revivification.

Deux moyens sont employés : la fermentation et le lavage.

Après le dégraissage, le noir est apporté à l'atelier de revivification.

Si dans l'état où il sort du filtre on abandonne le noir à lui-même, une fermentation se déclare rapidement. Le sucre est transformé en acide carbonique, en hydrogène carboné, en acides lactique, formique, etc. Les autres matières organiques sont détruites par la fermentation. La chaux que le noir avait absorbée se trouve carbonatée par l'acide carbonique dégagé par la fermentation.

Mais pour produire cette fermentation avec efficacité, on emploie deux moyens.

**Fermentation sèche.** — Elle se fait en accumulant le noir en tas volumineux et en l'abandonnant à lui-même pendant une vingtaine de jours.

La température est maintenue à 70 degrés soit en faisant arriver au centre ou à la partie inférieure de l'air chaud ou de la vapeur, soit, quand l'échauffement est trop rapide, en arrosant le tas avec de l'eau froide.

**Fermentation humide.** — Dans ce cas, on abandonne le noir à lui-même pendant une dizaine de jours dans une caisse ou une citerne contenant assez d'eau pour le submerger entièrement. Au début, il convient de mettre l'eau chaude, puis la fermentation étant commencée, on l'abandonne à elle-même. Cette manière de faire est préférable à la première.

#### LAVAGE A L'EAU OU DÉBOURBAGE

On peut remplacer la fermentation par des lavages à l'eau et à l'acide.

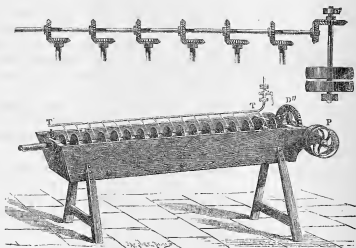


Fig. 83.

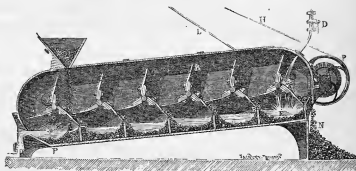


Fig. 84.

On commence par un simple lavage à l'eau ou débourbage.

Ce débourbage s'effectue de préférence par déplacement, lorsque les dispositions de l'usine le permettent.

Plusieurs appareils peuvent être proposés pour ce lavage. La figure 83 représente une auge inclinée A, dans laquelle se meut une vis d'Archimède qui remonte le noir; ce dernier pendant son parcours reçoit une pluie continue d'eau distribuée par le tube TT'. L'eau marche en sens inverse du noir, qui se trouve ainsi parfaitement lavé.

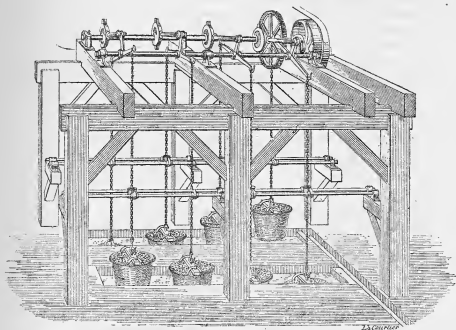


Fig. 85.

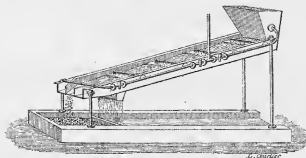


Fig. 86.

Un autre laveur également bon est celui dû à Klusemann (fig. 84).

Le noir arrive par une trémie à la partie inférieure d'une caisse inclinée de N en P. Des pelleteurs tournent autour d'axes R et soulèvent le noir en le projetant d'un compartiment dans l'autre.

Pendant ce mouvement, de l'eau versée par le tuyau D baigne constamment le noir et coule en sens inverse du mouvement de celui-ci.

Le laveur à noir *Barbet* est représenté figure 83. Son emploi supprime l'usure du noir et simplifie les manipulations. L'eau y est employée méthodiquement et en faible quantité.

Le débourbage s'y fait très convenablement.

Enfin le laveur à noir *autrichien* (fig. 86) présente également certains avantages.

Le noir y est obtenu pur et sans poussière.

Les matières étrangères plus lourdes que l'eau sont éliminées. Le noir ne s'y use pas. Cet appareil marche automatiquement et régulièrement. Son rendement varie suivant la pression de l'eau. Il peut atteindre 25 hectolitres à l'heure.

#### LAVAGE A L'ACIDE

Après ce premier débourbage, le noir étant rassemblé dans une grande cuve, on y verse rapidement de l'eau acidulée avec 1 p. 100 d'acide chlorhydrique, de façon à le submerger. Ce liquide acide est préparé d'avance dans une cuve spéciale. Si l'atelier du noir est à la température de 25 degrés, on laisse les choses en l'état, sinon on maintient cette température dans le liquide à l'aide d'un barbotage à vapeur.

La fermentation s'établit rapidement et ce qui restait de matières organiques non enlevées par le débourbage est détruit en quelques heures. Les matières insolubles absorbées par le noir sont rendues solubles.

On complète l'élimination par un rinçage à l'eau chaude et aussi pure que possible.

#### LAVEUR UNIVERSEL ROTATIF

Nous terminerons cette étude du lavage du noir par la description d'un nouveau laveur dû à M. Schreiber, qui est représenté figures 87 et 88.

Dans cet appareil, nommé par l'inventeur *laveur universel rotatif à chute libre*, le noir est pris avec une certaine quantité d'eau pour être élevé à une hauteur déterminée; le tout est renversé ensuite dans le même bain. Dans ce mouvement, les grains de noir s'éparpillent, traversent l'eau en vertu de la vitesse acquise et se lavent ainsi sans se détériorer.

Le laveur se compose d'un cylindre creux horizontal ou tambour LL d'environ 2 mètres de long sur 0<sup>m</sup>,700 de diamètre, à l'intérieur duquel se trouvent deux surfaces courbes et gauches appelées aubes faisant partie du tambour LL et divisant la circonférence en deux parties égales; ces surfaces placées dans le sens de la longueur, sont légèrement inclinées dans le sens de la sortie du noir.

A l'extérieur, ce cylindre est garni aux extrémités de deux cercles lisses FF destinés à tourner sur quatre galets supportés par des coussinets qui font partie d'une plaque de fondation II.

A côté des cercles de roulement FF se trouvent des couronnes dentées qui

engrènent avec les pignons faisant partie des galets, lesquels sont fixés deux à deux sur un même arbre, de sorte qu'en donnant le mouvement à l'un d'eux par l'intermédiaire d'une poulie A, le cylindre LL opère un mouvement de rotation.

Pour laver le noir, on fait arriver un jet d'eau par un tuyau en D, qui entre par l'un des bouts du cylindre, et par l'autre bout muni d'une trémie B; le noir

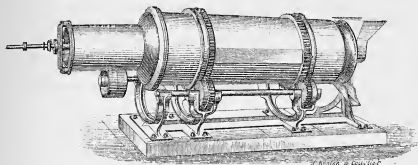


Fig. 87.

est introduit d'une façon continue au moyen d'une vis d'Archimède G, et d'un jet d'eau arrivant par le tuyau M. Le cylindre tournant, les aubes remontent le noir qui se trouve au fond de l'eau, à la manière d'une roue hydraulique à godets, entraînant en même temps une certaine quantité d'eau, et lorsque le plan recourbé se trouve à une certaine hauteur, il se renverse, laissant tomber

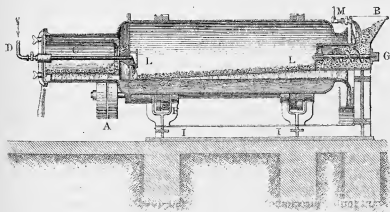


Fig. 88.

le noir dans l'eau contenue dans le cylindre. De là le noir se rend dans l'aube suivante pour opérer la même chute et continuer ainsi jusqu'au bout.

Les surfaces courbes ayant une inclinaison du côté de la sortie du noir, à chaque chute des grains un petit déplacement s'effectue dans le sens de l'inclinaison, et lorsque le cylindre a fait un certain nombre de tours, le noir qui était

à l'entrée se trouve à l'autre bout. De là, il est rejeté tout naturellement au dehors par l'ouverture pratiquée dans le fond.

Comme ce noir, à sa sortie, entraîne une grande quantité d'eau, on a établi de ce côté un filtre C en forme de blutoir, composé d'une chemise intérieure en tôle perforée, et d'une enveloppe adaptée au corps du cylindre, pour conduire l'eau à l'intérieur, pendant que le noir est rejeté au dehors.

Ce laveur offre de grands avantages. Le noir n'y est pas soumis, comme dans les appareils ordinaires, aux frottements et aux chocs contre les palettes des agitateurs qui donnent lieu à une perte de matière assez considérable; le lavage est méthodique, le noir circulant en sens inverse du courant d'eau; de là économie d'eau, le noir se trouvant lavé énergiquement; enfin ce laveur peut remplacer le filtre à vapeur, en permettant de faire subir au noir un second lavage à l'eau bouillante.

### FOURS A REVIVIFIER LE NOIR

Après ces lavages, le noir passe au four à revivifier.

Les fours imaginés pour ce travail sont très nombreux. Nous pouvons citer les systèmes, Blaise, Séraphin, Cail, Stévenaux, Crespel, Delille, Guilbert, Derrien, Lecointe et Villette, Schreiber, etc... Ces fours sont généralement composés de cornues dont la forme et les dimensions varient suivant les divers systèmes. Le noir est chauffé dans ces cornues jusqu'au rouge cerise environ, de façon à brûler toutes les matières organiques retenues dans ses pores. A la suite se trouve un réfrigérant servant à refroidir le noir avant qu'il n'ait le contact de l'air.

#### FOUR DERRIEN

La revivification du noir animal est une opération très simple, mais très délicate. Il importe tout autant de ne pas trop chauffer le noir que de le cuire d'une manière imparfaite. Une revivification imparfaite est fâcheuse, mais une cuisson du noir maintenu à une trop haute température apporte un trouble funeste dans le travail et dans la qualité des produits. Le four Derrien, représenté figures 89 et 90, donne à ce double point de vue de bons résultats.

Cet appareil se compose de cornues plates en terre réfractaire placées dans deux chambres, l'une à droite, l'autre à gauche du foyer central et perpendiculairement à la direction des grilles du foyer, à peu d'intervalle entre elles, recevant toutes directement l'atteinte du feu qui les chauffe énergiquement sur toute leur longueur. Elles sont protégées près du foyer par une murette jusqu'à une certaine hauteur.

Ces cornues à parois épaisses ont un vide central de 5 centimètres de large sur 50 centimètres de long. La chaleur appelée à les atteindre suivant leur plus grande longueur, de chaque côté de la cornue, n'a ainsi qu'une très faible couche de noir à traverser pour pénétrer jusqu'au centre de la masse.

Les arrêts et mouvements alternatifs que subit le noir par l'effet de la tirée, descendant comme fait le sable d'un sablier l'amènent tantôt à toucher les parois

de la cornue, tantôt à se reporter au centre. Le noir est donc exposé à la chaleur successivement sur toutes ses faces et sur une légère épaisseur.

Après avoir porté les cornues à la température voulue, la chaleur est recueillie dans un grand couloir longitudinal pour être amenée ensuite dans des boîtes en fonte dites chambres à air chaud placées au sommet du four. Le noir introduit dans le four s'échauffe en glissant le long de ces parois métalliques très chaudes, et se dessèche peu à peu de manière à arriver sec aux cornues, dans l'intérieur du four. L'humidité du noir est aspirée dans l'atmosphère par la cheminée en communication avec les chambres à air chaud.

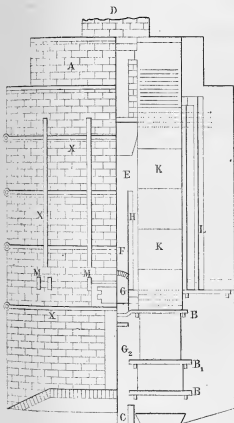


Fig. 89.

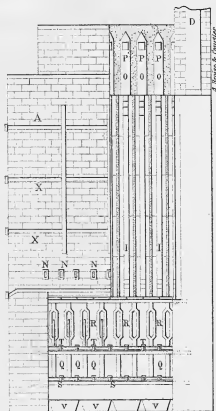


Fig. 90.

La légende suivante permettra de bien comprendre les figures 89 et 90 :

- AA Murs extérieurs en briques.
- BB<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> Barres supportant les tirettes et les cornues.
- C Cendrier.
- D Cheminée.
- E Communication du foyer central avec les chambres des cornues.
- F Foyer central.
- G Gueulard.
- G<sub>2</sub> Porte en tôle fermant le cendrier.

- H Autel protégeant la base des cornues.
- I Intervalle entre les cornues.
- J Carneaux du contre-autel.
- K Cornues en terre réfractaire ou en fonte.
- L Grand carneau parallèle à la chambre des cornues recueillant tous les gaz de combustion.
- M Carneaux sur le devant du four pour visite et nettoyage.
- N Carneaux de côté.
- O Chambres à air chaud.
- P Buse inférieure de ces chambres.
- P' Buse supérieure de ces chambres.
- Q Rafraichissoirs inférieurs.
- R Rafraichissoirs supérieurs doubles.
- S Tirettes inférieures.
- T Tirettes supérieures.
- V Récipient du noir sortant du rafraichissoir.
- X Armatures du four.

## FOUR LECOINTE ET VILLETTE

Dans cet appareil, représenté figure 94, les cornues où s'opère la revivification sont en fontes, de forme aplatie et arrondie. Le chauffage est à retour de flamme; ce retour s'obtient au moyen d'une cloison formée par des plaques spéciales en terre réfractaire. A la sortie des cornues, la chaleur circule sous une grande

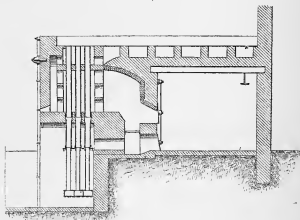


Fig. 94.

surface de plaques en fonte sur lesquelles on fait sécher le noir avant de l'introduire dans l'intérieur des cornues.

Le noir animal, après avoir été revivifié est refroidi dans des tuyaux minces qui font suite aux cornues, avant d'être récolté dans des tiroirs spéciaux.

Ces fours peuvent contenir 24, 30 ou 33 cornues.

## FOUR SCHREIBER

Cet appareil, représenté figures 92 et 93, se compose d'une chemise en maçonnerie de forme rectangulaire AA, dans laquelle sont alignées de chaque côté



d'un même foyer deux rangées de cornues de forme ondulée, en fonte DD et composées chacune de trois tronçons s'emboltant l'un dans l'autre.

Ces cornues DD sont prolongées en bas par deux séries de tuyaux plats également en fonte FF servant au refroidissement du noir qui vient d'être revivifié. Ces tuyaux s'écartent et forment dans leur inclinaison avec les cornues un angle d'environ 45 degrés et se trouvent ainsi exposés à l'air.

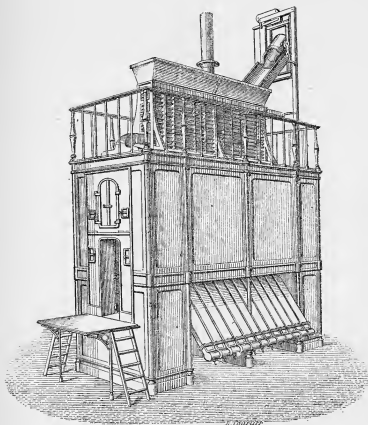


Fig. 92.

A la partie supérieure des cornues correspondent deux autres séries de tuyaux plats, de forme ondulée également BB, mais avec persiennes sur le devant et qui sont surmontés d'un entonnoir A destiné à emmagasiner le noir avant son entrée dans les cornues.

Cet ensemble forme le *sécheur automatique*.

Les cornues ondulées DD servant à la revivification sont cuirassées à l'intérieur et à l'extérieur par des plaques superposées en terre réfractaire P, Q, S, destinées à régulariser la transmission de la chaleur et à éviter les coups de feu.



l'entonnoir A; de là il descend dans les sécheurs B, entre dans les cornues D, après avoir passé dans les doubles coudes C de communication, et lorsque sa revivification est terminée, il parcourt les tubes réfrigérants F qui se trouvent au-dessous et d'où il sort froid pour être emmagasiné.

Un feu de coke étant établi dans le foyer Y, la flamme se répand dans tout l'espace de la chambre à feu, se dirige vers le fond, se divise en deux parties, à droite et à gauche, chauffe en passant le derrière des cornues, puis les deux courants remontent par des carnaux latéraux VV et se réunissent pour n'en former qu'un dans le sécheur.

Des plaques sont disposées à l'intérieur du sécheur de manière à briser le courant de flamme, et à lui permettre de chauffer toutes les parties intérieures des tuyaux, pendant que les persiennes extérieures laissent échapper la vapeur provenant du séchage.

C'est au moment de la décharge du noir que se produit l'effet le plus essentiel de la régularité de la revivification.

En résumé ce four réunit toutes les conditions requises pour la conservation du noir et sa revivification uniforme à une température convenable.

#### DISPOSITION D'UNE SALLE A NOIR

Nous pensons qu'il est intéressant de montrer comment on peut grouper les divers appareils que nous avons décrits précédemment, filtres, citernes à fermentation, laveurs et fours.

La figure 94 montre comment ce groupement peut se faire.

Les filtres AA sont rangés en cercle autour des citernes BB de manière à pouvoir les déverser directement et éviter les transports.

Les citernes BB ont la forme d'un trapèze, dont le petit côté CC vient aboutir à un même point D, et le grand côté aux filtres. Dans l'espace vide laissé par les petits côtés des citernes, on établit un entonnoir E qui se trouve être celui du laveur F, de sorte que de l'intérieur des citernes BB, on peut prendre le noir et le jeter ensuite dans le laveur F. Ce dernier appareil est disposé pour déverser le noir près du filtre à vapeur C placé au-dessous du sol; la décharge du filtre à vapeur C se trouve à côté de l'élévateur H. Il n'y a donc qu'une seule manipulation à faire pour prendre le noir sorti du laveur, le mettre dans le filtre C, et du filtre dans la caisse à bascule de l'ascenseur I pour l'élever dans l'entonnoir du four I.

Enfin, sortant du four, il est froid et mis en sacs ou dans des chariots J à caisses, pour le mettre en dépôt.

#### FOUR TOURNANT

Enfin nous donnons (fig. 95) l'ensemble d'un nouveau four tournant pour la revivification du noir, muni d'un sécheur mécanique. Cette disposition permet de faire passer les cornues jusqu'à cinq fois devant le feu, il s'ensuit une revivification complètement assurée.

Ce four, dont la vidange se fait régulièrement, ne produit pas de noir blanc.

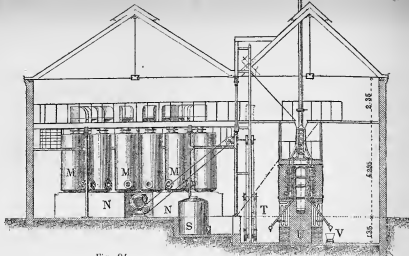


Fig. 94.

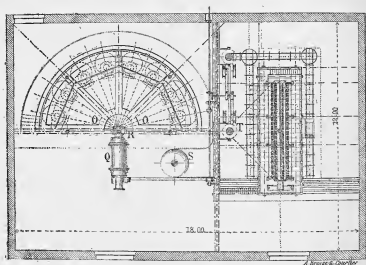
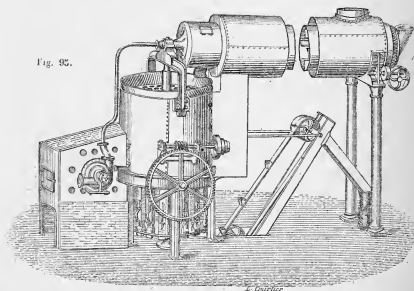


Fig. 95.



## PROCÉDÉ DE REVIVIFICATION SUPPRIMANT LES FOURS

Le principe de ce procédé repose sur la propriété que possèdent les alcalis caustiques de dissoudre les matières colorantes et grasses qui ont été absorbées par le noir.

D'après Sostmann, la coloration des jus de betteraves est due à une substance non colorée, appelée *chromogène*, qui existe toute formée dans la betterave. Cette substance, après sa transformation en composés ulmiques, donne aux jus une teinte d'un brun jaunâtre qui peut disparaître presque entièrement par la filtration sur le noir.

Si après son absorption par le noir, on vient à laver ce dernier dans un alcali caustique, potasse, soude ou ammoniacque, le liquide se colore en brun foncé, et par une série de lavage successifs, on le débarrasse complètement des matières colorantes qu'il avait absorbées.

Partant de cette observation, on a cherché à utiliser les eaux ammoniacales du triple effet au lavage du noir, dans un appareil spécial.

Le noir est introduit par un trou d'homme qui se trouve à la partie supérieure d'un vase cylindrique portant un faux fond percé de trous. On arrête le chargement aussitôt que le niveau du noir a atteint une lunette placée à la partie supérieure. Cette quantité de noir est généralement égale à la capacité d'un filtre. On ferme alors le couvercle du trou d'homme supérieur, et la vapeur est introduite; elle traverse le noir, se condense et chasse les eaux de lavage encore adhérentes qui sont évacuées par le bas. La masse s'échauffe peu à peu et aussitôt qu'au lieu d'eau, il sort de la vapeur, on arrête l'introduction de cette dernière. Les eaux ammoniacales sont alors amenées dans le faux fond du vase. Quand elles ont atteint le niveau de la lunette, on ferme les robinets d'introduction et on fait entrer à nouveau la vapeur. La température s'élève dans le vase, et dès que la pression y atteint 3 atmosphères on arrête la vapeur, et la pression s'abaisse jusqu'à 1 atmosphère. On renouvelle alors l'envoi de vapeur de façon à faire remonter la pression à 3 atmosphères. Les robinets d'évacuation sont ensuite ouverts et les eaux ammoniacales sont chassées hors du cylindre.

Ces eaux ne sont pas perdues, elles servent à produire de nouvelles eaux ammoniacales.

Pour cela, on introduit dans un vase cylindrique semblable au premier du sulfate d'ammoniaque et du lait de chaux. La vapeur qui passe au travers du noir dans le premier cylindre et qui, par l'ouverture des robinets, arrive à la partie inférieure du deuxième vase producteur d'ammoniaque, ne tarde pas à agir sur le sulfate d'ammoniaque et la chaux; l'ammoniaque se dégage, passe par un tube qui aboutit à un serpentin placé dans un vase que l'on refroidit par un courant d'eau froide; les vapeurs se condensent dans de l'eau pure. Lorsque la vapeur a passé durant une heure au travers du noir, l'opération est terminée. Ce système peut, dans certains cas, se substituer à l'emploi des fours que nous avons décrits.

## ÉPURATION PAR L'ACIDE SULFUREUX

En dehors du noir animal, on a proposé pour l'épuration des jus un grand nombre de substances, parmi lesquelles nous citerons : le chlorure de calcium, le chlorure d'aluminium, le phosphate d'ammoniaque, le phosphate acide de chaux, le sulfate et l'oxalate d'alumine, les acides oléique, stéarique et pectique, le tannin, les sels de baryte, et enfin l'acide sulfureux.

Dans ces dernières années l'emploi de ce réactif s'est répandu; aujourd'hui on est en présence de faits qui prouvent que l'emploi de cet acide est possible en sucrerie. Il a notamment pour effet de produire une bonne masse cuite, il rend le turbinage plus aisé et la nuance du sucre plus belle.

L'action chimique de l'acide sulfureux diffère beaucoup de celle du noir. Un excès de cet acide doit être soigneusement évité.

L'application de cet agent chimique a pris de l'extension parce que les acheteurs aujourd'hui se basent sur la teneur en cendres pour apprécier la valeur du sucre. La nuance et le grain du sucre sont devenus des détails insignifiants à côté de la teneur en cendres qui absorbe toute l'attention.

L'acide sulfureux met le fabricant dans la possibilité de régler la teneur des cendres à volonté.

La méthode Seyferth consistait à l'appliquer dans l'appareil à cuire dans le vide, aujourd'hui on l'applique au jus de saturation, c'est-à-dire à un liquide très fluide, dans lequel la réaction est plus uniforme et plus énergique, et dont on peut facilement séparer les précipités par une simple filtration mécanique.

L'emploi de l'acide sulfureux exige une surveillance attentive, un contrôle par le titrage, et le jus saturé doit être porté à une vive ébullition.

A l'usine de Rossia, on emploie 45 kilogrammes de soufre pour la mise en œuvre de 150.000 kilogrammes de betteraves par jour.

Après avoir saturé de manière à ramener l'alcalinité à 0,03, on fait bouillir énergiquement et on filtre par les poches Puvrez. Dans ce cas l'emploi du noir animal est complètement supprimé.

## 7° CONCENTRATION DU JUS A L'ETAT DE SIROP

Les influences sous lesquelles le sucre cristallisable se transforme en sucre incristallisable sont très nombreuses, et la chaleur favorise beaucoup cette transformation.

Tout procédé de concentration qui abaisse le point d'ébullition d'un jus et *a fortiori* d'un sirop est donc favorable à l'extraction du sucre.

Ce fut Howard qui, vers 1818, appliqua ce principe en découvrant la chaudière à évaporer dans le vide. Malheureusement, cet appareil n'économisait pas assez le combustible pour qu'il y eût intérêt à lui faire concentrer les jus.

Autrefois, les jus avant d'arriver aux chaudières d'évaporation, passaient d'abord en lame très mince sur des tuyaux par lesquels s'échappaient toutes les vapeurs de détente des moteurs et des chaudières de concentration, en sorte

que, sans qu'il en coûtât rien, ils arrivaient déjà très notablement concentrés dans les chaudières à évaporation directe.

Ce simple et ingénieux procédé a marqué en son temps un important progrès. Cependant, il était à regretter qu'il n'épargnât pas le sucre aussi bien que le combustible; que même il allât contre le principe qui veut, qu'au lieu d'élever le point d'ébullition on doive l'abaisser d'autant plus que le jus se concentre davantage, parce que les matières qui déterminent l'intervention du sucre se concentrant d'elles-mêmes, prennent d'autant plus de puissance qu'elles sont moins diluées et que le sirop devient lui-même plus riche en sucre. Les choses en étaient là quand apparut le *triple effet* qui résout le problème en son entier.

#### APPAREIL HOWARD

L'emploi simultané du vide et de la chaleur est maintenant très usité dans les fabriques de sucre et dans les raffineries. Comme nous l'avons dit, ce fut Howard qui, le premier, mit en pratique ce mode d'évaporation.

Cet appareil est représenté figure 96.

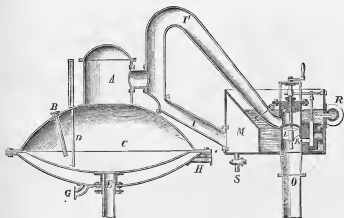


Fig. 96.

C est une chaudière destinée à l'évaporation du jus; formée de deux calottes en cuivre rouge, elle est garnie d'un double fond dans lequel la vapeur arrive par le tuyau H.

G est un tuyau de retour d'eau sur lequel est fixé le robinet d'air.

A, chambre où se réunissent les vapeurs.

O, chambre de condensation à laquelle aboutit un tuyau en communication avec la pompe à air destinée à maintenir le vide. L'eau froide arrive en O par l'ouverture K.

I est un tuyau destiné à conduire le liquide entraîné par les vapeurs dans la capacité M d'où on peut l'extraire par le robinet S.

F, tuyau qui conduit les vapeurs de la chaudière au condenseur.

R est l'arrivée de l'eau froide.

B, petit appareil permettant de faire une prise d'essai.

Dans cet appareil il existe ordinairement une différence de 9 à 12 degrés entre la température de l'eau de condensation et celle du sirop. La pression inté-

rieure est toujours comprise entre 0<sup>m</sup>,50 et 0<sup>m</sup>,55 de mercure. La pompe à air exige un travail de deux chevaux-vapeur pour une cuisson de 12.000 kilogrammes de sucre par jour, et pour une condensation de 500 kilogrammes de vapeur par heure. Le volume d'eau froide employé est à peu près de 10 mètres cubes par heure, l'eau de condensation étant à 30 degrés.

L'appareil Howard s'est très répandu, mais il a reçu plusieurs améliorations importantes. Il a servi de point de départ à ceux de Roth, Pelletan, Degrand, Derosne et Cail, Brame, Chevalier, etc.

#### APPAREIL DE ROTH

La figure 97 en représente une coupe verticale. Cet appareil ne diffère du précédent qu'en ce que le vide est produit dans la chaudière de cuite par la condensation instantanée et continuelle de la vapeur qui s'échappe du jus ou du sirop. Il se compose d'une chaudière en cuivre A où se fait la cuite, avec double fond du même métal; la vapeur est amenée dans le double fond par le tuyau F.

G est un second tuyau conduisant la vapeur dans le serpentin en cuivre B qui plonge au milieu du sirop. Enfin, un troisième tuyau H amène la vapeur dans le

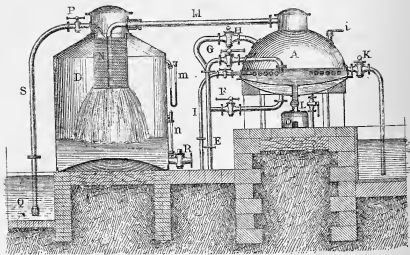


Fig. 97.

corps de la chaudière et sert à faire le vide au commencement de l'opération. Un robinet *i* est destiné à laisser échapper l'air contenu dans l'appareil lorsqu'on fait le vide à l'aide de la vapeur, et à le laisser rentrer quand on veut vider le sirop.

L'eau qui résulte de la condensation de la vapeur dans le double fond peut s'écouler par le tuyau M'; celle qui provient de la vapeur d'eau condensée dans le serpentin s'échappe par le tube I. Le sirop est contenu dans un réservoir d'où il est aspiré par le tuyau K dans la chaudière de cuite. Le tuyau L est destiné à l'écoulement du sirop cuit. Un grand réfrigérant en tôle D est mis en communi-



cation par le tube M avec la chaudière de cuite. Un courant continu d'eau froide arrive du réservoir Q à l'aide du tube S. Dans ce condenseur on trouve des diaphragmes N destinés à multiplier les points de contact entre l'eau froide et la vapeur arrivant de la chaudière de cuite. Le condenseur est en outre muni d'un manomètre *m*, d'un niveau d'eau *n* et d'un robinet de vidange R.

Lorsque le sirop dans le bassin est descendu à une limite fixée on ferme le robinet K et on ouvre les robinets F et G qui admettent la vapeur dans le double fond et dans le serpentín, ainsi que les robinets des retours d'eau, et quelques instants après le robinet d'injection P. Après quelques minutes on prend du sirop au moyen d'une sonde, et quand il est arrivé au point convenable, on ferme le robinet P d'injection. Le sirop s'échauffe, et lorsqu'il est parvenu à 90° environ, on ouvre le robinet de rentrée d'air et le robinet L; le sirop cuit s'écoule. Pour procéder à une nouvelle opération, on ouvre le robinet R; l'eau chaude s'écoule et on introduit de nouveau la vapeur dans la chaudière pour expulser l'air qui la remplit ainsi que le condenseur.

Une chaudière de cuite, ayant 2 mètres de diamètre, suffit complètement au travail qu'exige une fabrique opérant journellement sur 25.000 kilogrammes de sucre brut.

#### APPAREIL TRAPPE ET LOUVRIER-GASPARD

Cet appareil (fig. 98) est analogue au précédent. Mais le condenseur AB y a

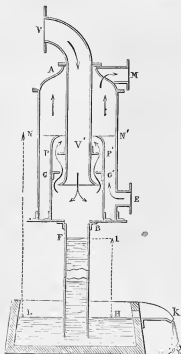


Fig. 98.

des dimensions beaucoup plus petites et se termine par un tube vertical FL ayant

environ 10 mètres de haut, dont l'extrémité inférieure plonge dans un vase constamment rempli d'eau. Ce système consomme moins de vapeur que l'appareil Roth, mais il exige un puits profond, ou bien il faut le placer à la partie supérieure des bâtiments. Une pompe à air sec aspire l'air du condenseur par la tubulure M.

#### APPAREIL PELLETAN

Dans ce système l'expulsion de l'air est produite par un jet de vapeur. C'est une première tentative de l'aspiration ou du refoulement de l'air par un jet de vapeur, mais la disposition primitive de cet appareil conduisait à une dépense de vapeur beaucoup trop forte; nous aurons d'ailleurs à revenir plus tard sur ce sujet spécial.

#### APPAREIL DEGRAND

Les systèmes précédents consomment pour la condensation une grande quantité d'eau, de là une perte de calorique importante. M. Degrand avait voulu remédier à cet inconvénient en opérant la condensation par un commencement d'évaporation du sirop avant son entrée dans la chaudière.

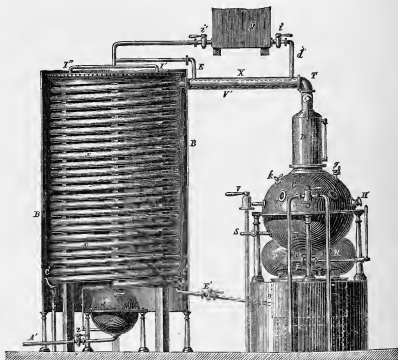


Fig. 99.

Dans cet appareil (fig. 99) le vide est produit par la vapeur. Trois parties distinctes le composent :

- 1° Une chaudière évaporatoire C disposée comme dans tous les appareils à cuire dans le vide;
- 2° Un réservoir fermé placé au-dessous est destiné à recevoir le sirop cuit;
- 3° Le condenseur xx.

La chaudière C est surmontée d'une capacité D dans laquelle se rassemblent les vapeurs qui se dégagent du sirop contenu dans la chaudière.

Le sirop est chauffé comme dans les autres appareils du même genre par de la vapeur qui circule dans le double fond de la chaudière.

Cet appareil, comme tous ceux où le vide est produit par la vapeur seule, ne donna pas des résultats suffisants; on fut alors conduit à entretenir le vide au moyen d'une pompe à air, ce qui constitua le perfectionnement apporté par MM. Derosne et Cail.

#### APPAREIL DEROSNE ET CAIL

C'est une combinaison des dispositions Howard et Degrand. La figure 100 représente une coupe verticale et une projection horizontale de la partie de l'appareil faisant suite à la chaudière.

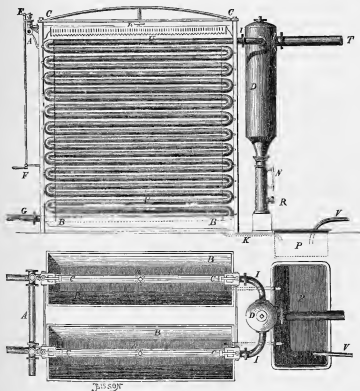


Fig. 100.

Le vide est produit et maintenu dans la chaudière par une pompe à air, et la vapeur est condensée par la transmission de la chaleur au travers des parois d'un serpentin, à un liquide qui s'évapore par un courant d'air.

**T** est un tuyau d'écoulement des vapeurs de la chaudière.

**D** est un cylindre dans lequel les vapeurs sont projetées de haut en bas, et où s'arrête le liquide entraîné.

**II** sont des tubes destinés à conduire les vapeurs dans les deux serpentins **VV** formés chacun d'un tube replié sur lui-même dans un plan vertical.

**A** Tuyaux placés à la suite des serpentins et qui établissent la communication avec la pompe aspirante.

**CC** Réservoirs du liquide froid placés au-dessus des serpentins et dont le liquide s'écoule par un grand nombre de petits orifices distribués sur toute leur longueur.

**BB** Réservoirs du liquide écoulé sur les serpentins.

#### APPAREIL D'ÉVAPORATION A TRIPLE EFFET

Quelle que soit sa tension, quand une vapeur se condense, elle dégage une quantité de chaleur qui, sous le même poids de vapeur est sensiblement la même. Par conséquent, en admettant qu'il n'y ait pas de déperdition de chaleur, on pourrait faire bouillir autant de chaudières à vide que l'on voudrait, et tirer simultanément de chacune d'elles une même quantité d'eau distillée, en n'en chauffant qu'une seule. Il suffirait pour cela de mettre le générateur de cette chaudière qui serait chauffée directement, en communication avec l'appareil de chauffe de celle qui la suivrait, d'en faire de même de la seconde à la troisième, et de continuer ainsi jusqu'à la dernière; puis de faire dans chacune un vide bien gradué, qui, aussi complet que possible dans la dernière ne serait que de quelques centimètres dans la première.

Tel est le principe de l'appareil actuel; seulement, comme l'absence de toute déperdition de chaleur est un fait impossible, comme il est bien difficile d'éviter toute rentrée d'air, comme le point d'ébullition s'élève à mesure que les jus se concentrent, comme les surfaces de chauffe doivent avoir d'autant plus de développement que la vapeur, en se dilatant agit à une plus basse température, on n'a pu multiplier indéfiniment le nombre des chaudières, et dans la pratique il a fallu se restreindre à trois; de là le nom de *triple effet* donné à l'appareil.

La première des chaudières qui est chauffée par la vapeur d'échappement des moteurs, et à laquelle vient s'ajouter une part plus forte directement tirée des générateurs reçoit les jus faibles venant des filtres à noir et marquant de 4° à 5° Baumé, et les porte à 10. La deuxième qui est chauffée par la vapeur s'échappant de la première, s'approvisionne également à ses dépens, et porte les jus à 16°. La troisième qui est chauffée par la vapeur de la seconde lui emprunte aussi ses jus qu'elle élève à 20° pour les retourner alors aux filtres, et de là à la cuite. Quant aux dépressions exercées dans chaque chaudière, elles sont en commençant par la première de 25, 45 et 65 centimètres de mercure, et les températures de 80, 65 et 50 degrés.

Aussi, avec cet abaissement de température concordant avec la concentration successive du jus, le sucre est si bien ménagé, que, non seulement le rendement augmente de 1/4 p. 100, mais surtout il est assuré. Quant à l'économie de char-

bon, elle est de 30 p. 100 sur celui qui était consommé avec les appareils à double effet.

C'est à M. Jules Robert de Seelovitz, que nous avons déjà cité, que l'on doit réellement l'invention du triple effet.

D'après ce que nous venons d'exposer, un triple effet devrait se composer de trois appareils Howard, dont les chaudières 2 et 3 rempliraient le rôle de réfrigérant à l'égard des chaudières 1 et 2, en sorte qu'il devrait compter :

- 1° Trois chaudières;
- 2° Trois vases de sûreté;
- 3° Un réfrigérant pour condenser les vapeurs de la troisième chaudière;
- 4° Trois machines à vide.

Ce fut en effet ainsi que l'on construisit les premiers appareils. Mais l'on vit bientôt que du fait même de la condensation des vapeurs émanées d'une chaudière au contact des surfaces plus froides qu'elles rencontrent dans la chaudière suivante, il se produit spontanément un vide qui est suffisant pour l'effet désiré. Dès lors, on supprima les pompes pneumatiques des chaudières 1 et 2, et l'on ne laissa subsister que la pompe de la chaudière n° 3 qui, en conséquence, fut chargée non seulement de faire le vide dans la troisième chaudière, mais encore d'absorber les eaux de condensation des autres chaudières, ainsi que les gaz fixes qui, quoi qu'on fasse, s'y trouvent toujours mélangés.

Ceci établi, nous allons voir maintenant quelles sont les dispositions particulières que réclament les chaudières d'un triple effet.

La chaudière Howard marchant au besoin à vide plein, et ne recevant dans son appareil de chauffe que de la vapeur sous forte pression, un petit serpentín lui suffit pour la mettre en action. Mais avec le triple effet, il n'en est plus ainsi. Les différences de vide étant faibles, la vapeur de chauffe ne dépassant pas 110° au maximum et tombant ensuite à 63°, il a fallu ménager, avec le plus grand soin, tout ce qui peut faciliter et maintenir la transmission de la chaleur et la pleine ébullition du liquide. Par conséquent, les surfaces de chauffe ont dû être développées et leur nettoyage rendu facile, afin que les limons dont elles se recouvrent, étant fréquemment enlevés n'en altérassent pas la conductibilité. Le métal qui les compose a dû aussi être réduit aux plus faibles épaisseurs pour rendre la transmission de la chaleur plus rapide. Enfin, il a fallu restreindre les couches de liquide à évaporer autant que l'ont permis pratiquement les autres conditions.

Un assez grand nombre de constructeurs ont résolu ce problème, avec des variantes diverses.

Dans un brevet américain pris en 1843 au nom de M<sup>r</sup> Rillieux se trouve la description d'un appareil d'évaporation basé sur la condensation de la vapeur. Cet appareil ressemble à une chaudière de locomotive, seulement les deux boîtes qui se trouvent aux extrémités des faisceaux de tubes sont occupées, la première par la vapeur qui doit être condensée, et l'autre par l'eau condensée. L'espace qui environne les tubes est rempli par le liquide à concentrer. Les vapeurs qui proviennent de l'ébullition passent d'abord dans le dôme de la chaudière d'où elles s'écoulent par un large tuyau pour traverser les tubes de la chaudière suivante.

Dans un brevet pris en 1850, MM. Cail et C<sup>e</sup> ont donné la description d'une nouvelle disposition de condenseur semblable à celui dont nous venons de parler, mais dans lequel les tuyaux de condensation sont placés verticalement.

La disposition employée par J. Robert à Seelovitz était préférable. Elle consistait en une chaudière verticale divisée en trois parties par deux cloisons horizontales réunies par un grand nombre de tubes verticaux. Le liquide à évaporer remplissait une partie du compartiment supérieur, les tubes, et tout le compartiment inférieur, tandis que la vapeur circulait dans l'intervalle des tubes.

En France, on emploie presque exclusivement des chaudières cylindriques verticales terminées par des calottes hémisphériques en haut et en bas. Elles sont établies d'après les conditions générales adoptées par J. Robert.

La figure 101 donne, d'après Pécelet, la disposition générale adoptée par MM. Cail.

J est un réservoir servant à fournir le jus à la première chaudière; le jus arrive dans ce réservoir par un tuyau K lorsqu'on le met en communication avec le condenseur par le tuyau C' sur lequel se trouve le robinet O à trois voies. En tournant le robinet O on met le réservoir en communication avec la première chaudière par le tube C, et l'on peut alors remplir cette chaudière au moyen du tube EE' muni du robinet I.

Les trois chaudières sont disposées de la même façon. Dans la figure 101 la première chaudière est coupée et laisse voir le faisceau tubulaire, les autres sont vues extérieurement. Chaque chaudière est formée d'un corps cylindrique en fonte, présentant à l'intérieur deux diaphragmes horizontaux en cuivre jaune dans lesquels viennent s'adapter des tubes également en cuivre jaune. A la partie inférieure la chaudière est fermée par une calotte munie d'une tubulure à plusieurs branches. L'une de ces branches P mène le jus par le tuyau P de la première à la seconde chaudière. La deuxième O' sert à vider la chaudière en cas d'accident et à mener par un tube horizontal le contenu de cette chaudière dans un monte-jus. La troisième branche sert à faire écouler les eaux de lavage qui ont servi à nettoyer la chaudière et l'intérieur des tubes. La tubulure de la troisième chaudière se trouve régulièrement mise en communication avec le monte-jus pour la vidange de cette troisième chaudière. A la partie supérieure, la calotte hémisphérique qui ferme la chaudière est surmontée d'un dôme muni d'un trou d'homme et d'une large tubulure latérale qui mène les vapeurs formées dans la chaudière dans un vase de sûreté T pour la première et la deuxième chaudière, et dans le condenseur pour la troisième.

Chaque chaudière est munie d'un tube à niveau, d'un indicateur du vide, d'un robinet à graisse, d'un robinet d'épreuve et de lunettes S'.

La vapeur d'échappement des diverses machines se réunit dans un ballon B muni d'une soupape S'' qui permet de laisser échapper la vapeur quand l'appareil à triple effet ne consomme pas toute la vapeur envoyée et que la température tend à dépasser 108 degrés, et d'une autre soupape V' qui permet d'introduire de la vapeur venant directement des chaudières quand la vapeur d'échappement n'est pas suffisante. Le nettoyage de ce ballon est assuré par un trou d'homme. La vapeur venant du ballon B se rend à la première chaudière par le tube D. Elle circule autour du faisceau tubulaire; le tuyau D/L réunit

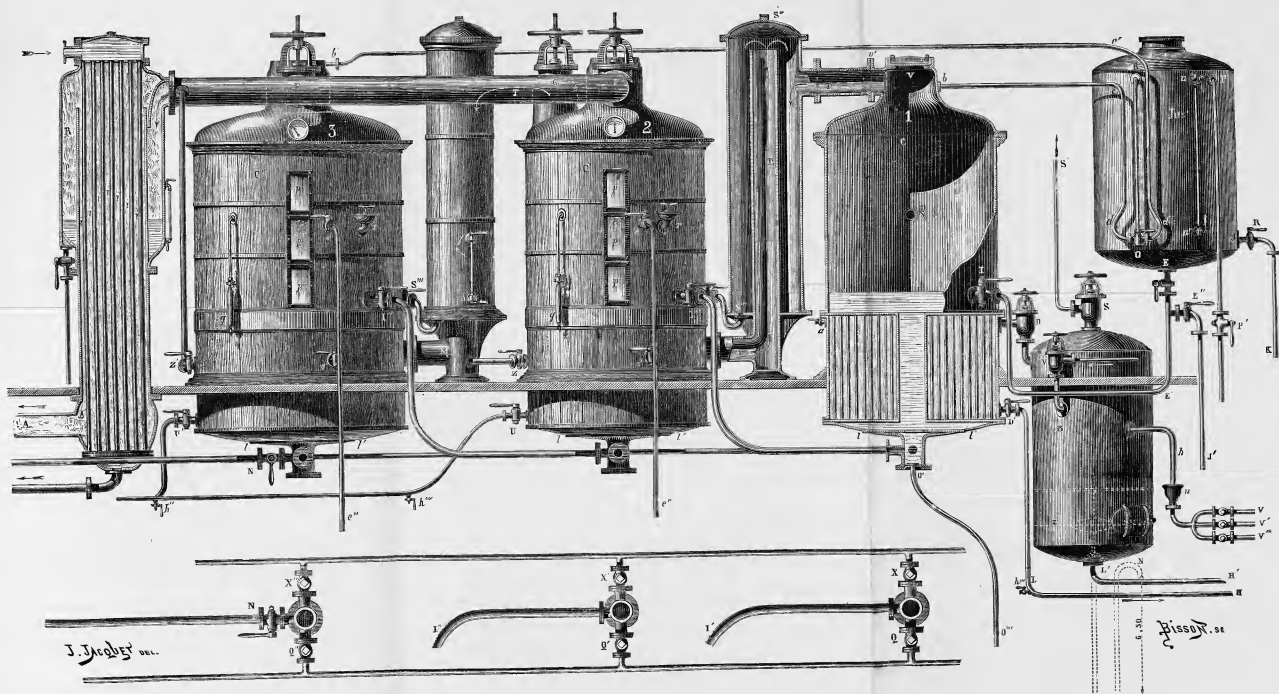


Fig. 101.

Le cylindre de la pompe à air a 0<sup>m</sup>,410 de diamètre; la course du piston est de 0<sup>m</sup>,500: on peut avoir 45 coups de piston par minute.

La vapeur étant à 108 degrés dans le ballon qui reçoit les vapeurs d'échappement, la tension dans la première chaudière est de 0<sup>m</sup>,550 de mercure, et la température de la vapeur qui s'y forme, 94 degrés. Dans la deuxième chaudière la tension est 0<sup>m</sup>,350 et la température, 80 degrés; enfin, dans la troisième chaudière la tension est 0<sup>m</sup>,150, et la température 60 degrés.

On compte, en général, 1 mètre carré de surface de chauffe pour 6 hectolitres de jus à traiter par vingt-quatre heures et à porter de 4 à 20 degrés Baumé.

Si l'on suppose au jus une densité égale à 1,047, sa composition moyenne sera la suivante :

Sucre . . . . .	8,6
Cendres . . . . .	8,2
Eau . . . . .	83,2
	<hr/> 100,0

Il en résulte que 1.500 hectolitres de jus contiennent 130.351 kilogrammes d'eau et 13.035 kilogrammes de sucre. Le sirop à 20 degrés Baumé renfermant :

Sucre . . . . .	30,00
Cendres . . . . .	2,16
Eau . . . . .	67,84
	<hr/> 100,00

il s'ensuit que le sirop provenant de 1.500 hectolitres de jus contiendra  $\frac{13.035 \times 67,84}{30} = 29.546^{\frac{1}{2}}$  d'eau.

La quantité totale d'eau évaporée en vingt-quatre heures sera donc égale à 130351 — 29546 = 100805<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. On pourra alors calculer facilement avec ces données la transmission de chaleur qui se fait par le faisceau tubulaire.

La quantité de vapeur nécessaire à la marche de l'appareil se compose de deux parties :

1° Celle qui est nécessaire au réchauffage du jus. Cette opération exige 10.972.500 calories en vingt-quatre heures, il s'ensuit que le poids de vapeur nécessaire au réchauffage sera d'environ 830 kilogrammes par heure.

2° Celle nécessaire à l'évaporation. Or la quantité totale d'eau à évaporer en vingt-quatre heures est égale à 100.805 kilogrammes, et si l'on admet que dans l'appareil 1 kilogramme de vapeur condensée vaporise 3 kilogrammes d'eau, la quantité de vapeur nécessaire de ce chef sera égale à 1.400 kilogrammes, soit un total pour les deux effets égal à 2.230 kilogrammes à l'heure.

Cette quantité est bien entendu un minimum; il faut tenir compte des quantités de chaleur perdue par les parois des chaudières et des tuyaux de conduite.

Pour réduire encore la quantité de vapeur consommée, on remplace souvent le condenseur R de la figure 101 par un condenseur réchauffeur de jus que nous représentons figure 102. Cet appareil renferme un faisceau tubulaire formé de tuyaux de fer ou de cuivre fixés dans des plaques tubulaires en fer ou en bronze. Il est muni d'un robinet en bronze pour vider le vase de sûreté, d'un tube de niveau de jus en verre, d'un robinet en bronze situé au fond inférieur pour vider



s'il est besoin le jus contenu dans le condenseur réchauffeur. Le jus est injecté à l'intérieur des tubes par le bas de l'appareil, et la vapeur vient par la tubulure du haut circuler autour des mêmes tubes avant de se rendre par la tubulure du bas au condenseur où s'opère la condensation de la vapeur par l'injection de l'eau froide.

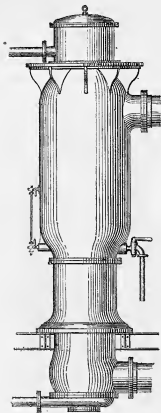


Fig. 102.

Un réchauffeur tel qu'il est représenté figure 102, comprend un vase de sûreté renflé à son milieu, formant bouteille, avec enveloppe intérieure en cuivre, fond inférieur en fonte et rehausse supérieure en tôle ou fonte.

La surface de chauffe des tubes de cet appareil peut varier depuis 30 jusqu'à 130 mètres carrés.

#### VASE DE SÛRETÉ RALENTISSEUR

Tous les vases de sûreté employés pour retenir les sirops entraînés par les vapeurs d'évaporation des appareils à cuire dans le vide sont établis avec des chicanes qui produisent un changement dans la direction de ces vapeurs, de façon à leur faire déposer les gouttelettes entraînées.

M. Hodeck a remarqué que l'effet de ces dispositifs n'était pas complètement efficace. En effet, il arrive que la vitesse de la vapeur dans les conduits de circulation entre les appareils et les condenseurs est telle que ces gouttelettes ne peuvent se déposer et sont entraînées presque en totalité avec les vapeurs. La figure 103 représente un vase de sûreté ralentisseur qui obvie à cet inconvénient. Cet appareil consiste en une capacité très élargie pour diminuer dans une sensible proportion la vitesse du courant de vapeur. Afin que ce courant se répartisse uniformément dans cette large capacité, on le fait passer au travers de deux plaques ou tamis perforés de trous, dont la section totale dépasse un peu la section des orifices des appareils. Ces fonds ou tamis perforés intérieurs ont une disposition particulière qui permet de recueillir plus facilement la partie de jus arrêtée contre ces fonds.

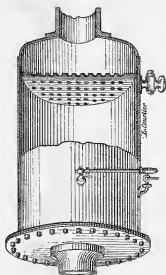


Fig. 103.

L'appareil est muni en outre d'un tube de niveau indiquant le jus entraîné et d'un robinet de vidange.

La figure 101 représentait l'ensemble d'un triple effet construit par MM. Cail et C<sup>e</sup>, nous donnons en outre, figure 104, un semblable appareil construit par la Société de Fives-Lille.

Cet évaporateur est à distribution circonférentielle de vapeur et peut concentrer jusqu'à 25 degrés Baumé, un volume de 2.200 hectolitres de jus sucrés en vingt-quatre heures. Il se compose également de trois chaudières tubulaires verticales à diamètres différentiels et présentant une surface de chauffe totale de 330 mètres carrés.

Entre le faisceau tubulaire et l'enveloppe extérieure de chaque chaudière renflée à cet effet, est interposée une seconde enveloppe en tôle perforée, obligeant la vapeur affluant par la tubulure d'admission à se répandre préalable-

ment dans toute la hauteur et sur tout le pourtour de la caisse tubulaire, de manière à produire une distribution circonférentielle parfaitement uniforme allant de la périphérie au centre du faisceau.

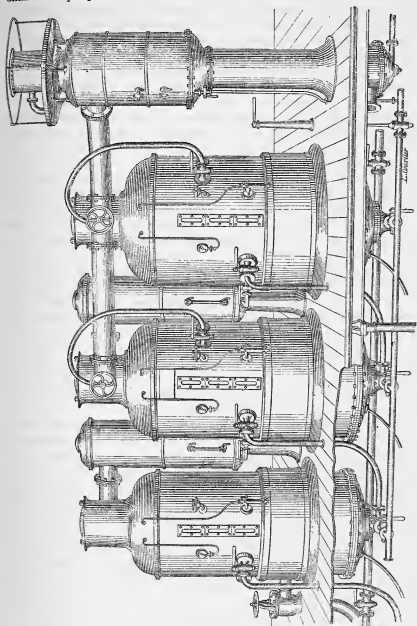


Fig. 104.

Un tube central de grand diamètre permet au liquide expulsé du faisceau tubulaire par l'ébullition, un retour facile à la partie inférieure de la chaudière

et détermine ainsi une active circulation et un renouvellement des contacts dont la conséquence à surface de chauffe égale, se traduit par une augmentation notable de la puissance d'évaporation de l'appareil.

Pour permettre le nettoyage facile et sans arrêt des faisceaux tubulaires de la deuxième ou de la troisième chaudière, l'appareil est muni d'un système de soupapes et robinets de communication pour les vapeurs et les jus, tel qu'il se prête au travail à double effet pendant le nettoyage, soit avec la première et la deuxième chaudières, soit avec la première et la troisième.

Les trois chaudières travaillent respectivement sous un vide croissant, soit d'environ 10 à 11 centimètres de mercure dans la première chaudière, 38 à 40 dans la deuxième et 65 à 70 dans la troisième; les jus passent successivement de la première à la deuxième et de celle-ci dans la troisième où la concentration s'achève.

La première chaudière reçoit seule la vapeur de chauffe fournie par un récipient collecteur où sont recueillis les vapeurs d'échappement de toutes les machines motrices de l'usine. Chacune des deux autres étant chauffée par les vapeurs des jus concentrés dans la précédente. Les communications de ces vapeurs d'une chaudière à la suivante sont munies de vases de sûreté que nous avons décrits précédemment et qui sont destinés à retenir les particules liquides entraînées accidentellement.

L'aspirateur de jus faisant fonction de vase intermédiaire pour l'alimentation de jus de la première chaudière du triple effet, permet de supprimer le monte-jus et se compose d'un récipient cylindrique vertical monté sur une colonne et en charge sur la première chaudière. Il est muni de deux indicateurs de niveau, d'un robinet d'aspiration de jus et d'un robinet à deux voies permettant de le mettre en équilibre de vide alternativement avec la troisième chaudière pour le remplir par aspiration et avec la première pour permettre à celle-ci de s'alimenter.

Le vide-sirops remplace avantageusement le monte-jus ordinairement employé pour la vidange des sirops à 25 degrés Baumé.

Il se compose également d'un récipient vertical cylindrique, placé en contre-bas de la troisième chaudière du triple effet et sert de réservoir intermédiaire d'aspiration à une pompe disposée pour élever les sirops à 25 degrés sur les filtres; il est muni d'un tube indicateur de niveau, d'un robinet de communication de sirop avec la troisième chaudière, d'une soupape de vidange et d'un robinet à deux voies pour le mettre alternativement en communication de vide avec la troisième chaudière pour le remplissage et avec l'atmosphère extérieure pour la vidange.

Cette installation est complétée par un condenseur tubulaire réchauffeur avec vase de sûreté, un condenseur à injections, une pompe à air horizontale à double effet, avec pompe à sirop et pompe à eau de retour.

#### TRIPLE EFFET SCHREIBER

En examinant la marche des appareils précédents, on peut faire les observations suivantes :

1° Le jus contenant toujours une certaine proportion de calcaire provenant des carbonatations, ne tarde pas à former sur toutes les surfaces de chauffe des dépôts d'une certaine épaisseur. Ces dépôts sont pour ainsi dire des matelas qui empêchent la chaleur de se transmettre et qui par conséquent nuisent à l'évaporation. Il arrive même quelquefois que l'appareil ne produit plus que la moitié de son effet utile; il devient alors indispensable de nettoyer les surfaces et de les remettre à nu. On comprend sans peine que le temps nécessaire cette opération entraîne non seulement l'arrêt de l'appareil, mais aussi celui de toute la fabrique.

2° Quant à l'évaporation, il se présente un phénomène curieux dans les courants formés par la circulation du liquide. Le jus à évaporer circule à l'intérieur des tubes pendant que la vapeur perdue embrasse l'extérieur. On comprend facilement que pendant l'évaporation, tous les tubes étant chauffés de même façon, les globules de vapeur s'échappent de toutes les surfaces entraînant avec eux une certaine quantité de liquide, et il s'établit par suite un courant général de bas en haut. Mais comme le liquide est obligé de descendre pour se représenter devant les surfaces de chauffe, il en résulte une contrariété qui diminue le produit de l'évaporation et par suite l'effet utile.

3° Dans le système tubulaire, il se produit quelquefois des détériorations qui nécessitent une réparation urgente.

Dans l'appareil qu'il a proposé, M. Schreiber, cherche à résoudre ces trois difficultés.

Ce système est tubulaire mobile, à circulation rationnelle, à simple ou triple effet. Il se compose d'un réservoir de forme cylindrique terminé en dôme à la partie supérieure et fermé par un fond bombé à sa partie inférieure. Le système tubulaire est placé dans la partie basse du réservoir, ce qui fait qu'il est composé d'un cylindre ou chemise métallique, aboutissant à deux bases planes rivées ensemble. Ces deux bases composent les plaques dans lesquelles s'enchâssent les tubes. Deux tubulures à doubles rondelles sont rivées aux deux angles opposés de la chemise et relient le système au réservoir principal. L'une est destinée à l'introduction des vapeurs perdues dans le système, l'autre à la sortie des condensations.

Afin d'établir un chauffage rationnel, deux diaphragmes horizontaux sont établis dans l'intérieur pour forcer les vapeurs perdues à embrasser d'abord la partie haute des tubes, puis à descendre dans la région moyenne et passe, en dernier lieu, à leur base où elles doivent épuiser leur action et sortir condensées par la seconde tubulure. De cette façon, le courant de vapeur destinée au chauffage est inverse de celui des jus soumis à l'évaporation, et rencontre par conséquent, des régions de plus en plus froides à mesure qu'il descend.

Le courant de vapeur provenant de l'évaporation dans les tubes entraîne avec lui une certaine quantité d'eau qui est obligée de redescendre ensuite pour revenir au contact des surfaces de chauffe. Le liquide entraîné forme depuis le centre jusqu'à la circonférence, un courant qui trouve son passage entre l'enveloppe et le réservoir extérieur, afin de se rendre dans l'espace inférieur et rentrer ensuite dans les tubes pour être de nouveau soumis à l'évaporation. Le courant est alors continu et sans arrêt.

Afin de rendre encore l'effet plus complet et de régler le courant, on établit une chemise ou diaphragme circulaire qui divise en deux parties l'espace annulaire régnant entre le système tubulaire et le pourtour de l'appareil. Ce diaphragme est terminé à sa partie supérieure en col de bouteille, afin de concentrer le courant dans la région du centre, et faciliter le rejet du liquide vers la circonférence au moment où la vapeur se dégage.

Ce diaphragme laisse deux espaces annulaires libres : celui intérieur, règle le courant d'ascension occasionné par l'évaporation de l'enveloppe du système tubulaire, tandis que l'autre guide la descente du liquide.

De plus, le système tubulaire est mobile et peut se remplacer rapidement en cas de réparations.

#### APPAREIL ZAMBAUX

De son côté, M. Zambaux s'est efforcé de tirer un meilleur parti de la vapeur de chauffe et de supprimer les vases de sûreté, tout en réduisant le volume de l'appareil.

Nous avons déjà dit que la vapeur n'arrive jamais dans les appareils de chauffe sans quelque mélange de gaz qui proviennent : soit des jus directement, soit surtout des rentrées d'air par des joints insuffisants.

Or, pour une même machine pneumatique, et un même rapport de vapeur et de gaz, plus sont grandes les capacités qui contiennent ce mélange, et plus les gaz deviennent nuisibles ; c'est à réduire ces capacités qu'a travaillé M. Zambaux, tout en développant davantage les surfaces de chauffe. Pour atteindre ce double but, il a partagé sa chaudière en trois compartiments, mais en attribuant à chacun une fonction spéciale.

Le premier est une boîte qui reçoit la vapeur de chauffe avec les gaz qui s'y trouvent mélangés ; le deuxième est encore une boîte où se réunissent les eaux de condensation de cette même vapeur ainsi que ces mêmes gaz ; le troisième, enfin, renferme le liquide à évaporer et l'appareil évaporatoire proprement dit.

Tout d'abord, au moyen de tuyaux munis de robinets que l'on règle à volonté, on commence par faire communiquer entre eux tous les compartiments moyens des trois chaudières, en sorte que, comme précédemment, c'est la machine pneumatique qui les purge tous de l'eau et des gaz qui s'y accumulent sans cesse. Ensuite, sur le diaphragme supérieur, sont plantés en quinconce un grand nombre de tuyaux en cuivre extrêmement minces qui, fermés par le haut et ouverts par en bas, communiquent d'une part avec le compartiment intermédiaire, et de l'autre, sont entièrement plongés dans la chaudière. En correspondance avec ces tuyaux mais alors sur le diaphragme inférieur se trouvent d'autres tubes qui, d'une part, s'ouvrent dans la boîte inférieure, et de l'autre, s'élèvent un peu plus haut que les tuyaux précédents, en les parcourant dans toute leur longueur et n'y laissant libre qu'un petit espace annulaire.

Telles sont, en ce qui touche le chauffage, les dispositions ingénieuses adoptées par M. Zambaux. La vapeur s'élançant des boîtes à vapeur dans les petits tubes arrive bientôt en haut des grands, qu'elle parcourt alors en descendant et

en se laminant dans le petit espace annulaire que laissent entre eux les gros et les petits tubes. Pendant ce temps, elle se condense d'autant mieux qu'elle passe en couche plus mince, et produit ainsi un effet utile plus complet et plus rapide. D'autre part, les gaz nuisibles se concentrant sans cesse dans les boîtes intermédiaires dont les capacités sont très restreintes, la machine pneumatique les enlève presque aussitôt et complètement, en même temps que les eaux de condensation, et par suite le vide devient plus complet.

#### CHAUFFAGE A EFFETS MULTIPLES. SYSTÈME RILLIEUX

Dans sa plus grande généralité, le système de chauffage à effets multiples consiste à n'employer la vapeur directe des générateurs en aucun point de l'usine autre que l'appareil d'évaporation et alors à faire tous les chauffages de jus, de sirops, la cuite, le chauffage de la diffusion, etc..., au moyen de vapeurs empruntées aux premiers corps de l'appareil d'évaporation, considérés comme générateurs de ces vapeurs.

Comme dans un appareil d'évaporation, les vapeurs sont à des températures différentes dans chaque partie de cet appareil, on utilise les vapeurs de l'une ou de l'autre partie suivant la température que l'on veut communiquer au liquide.

L'appareil d'évaporation est un quadruple effet. Le premier corps chauffe le second, mais il chauffe en outre le jus sortant des filtres-presses et allant à la seconde carbonatation qu'il porte à 90 degrés environ. Il chauffe aussi le sirop avant sa filtration aux alentours de 100 degrés.

Le second corps chauffe le troisième corps, et, en outre, le jus brut chaulé aux râperies avant la première carbonatation qu'il porte à 85 degrés.

Le troisième corps ne chauffe que le quatrième.

Enfin, entre le quatrième corps et le condenseur barométrique se trouve comme dans les montages ordinaires, un système de réchauffeurs qui portent le jus brut de 41 à 45 degrés, en sorte que le réchauffeur chauffé par le deuxième corps n'a à porter le jus que de 45 à 85 degrés.

Les jus n'ont donc pas besoin d'être chauffés à la première ni à la seconde carbonatation.

La vapeur directe est introduite dans le premier corps du quadruple effet au moyen d'une soupape équilibrée spéciale, dont le but est de permettre aux évaporateurs de prendre toute la vapeur directe dont ils ont besoin pour l'appareil, en les empêchant cependant d'en prendre une quantité telle qu'ils fassent une contre-pression trop grande d'où résulterait un ralentissement des machines.

L'alimentation de jus de l'appareil se fait dans le circulateur-réchauffeur au moyen d'une pompe réglée automatiquement par un flotteur, de telle sorte que l'appareil est alimenté continuellement, et absorbe tout le jus que fournit l'usine au fur et à mesure de son arrivée. Les sirops s'extraient également du quatrième corps par une pompe.

Dans ce système, c'est donc le quadruple effet qui règle tout le travail de l'usine, et malgré cela les évaporateurs au nombre de deux ont peu de chose à faire. En effet, ils n'ont pas à s'occuper de l'alimentation du jus qui se fait dans les premiers corps automatiquement et en dehors de leur volonté.

Ils n'ont qu'à régler l'admission de vapeur directe de manière à évaporer plus ou moins vite suivant que le jus arrive avec plus ou moins d'abondance. Car on ne doit pas oublier que le rôle des appareils d'évaporation est de suivre le travail de l'usine en évaporant à chaque instant tout le jus qui sort de la seconde carbonatation quelle que soit sa quantité, et non pas que le travail de l'usine soit obligé de suivre la marche de l'évaporation. C'est dans ce but que le quadruple effet de ce système est muni des introductions de vapeur directe nécessaires pour qu'il soit alimenté de la quantité de vapeur proportionnelle à la quantité de jus qui lui arrive.

Il est encore très utile de recouvrir tous les appareils et toute la tuyauterie d'un excellent calorifuge.

Dans le premier corps du quadruple effet existe une pression d'environ  $1/10$  d'atmosphères donnant à la vapeur 102 degrés. Cette température est suffisante pour porter dans les réchauffeurs les jus et les sirops à 96 degrés.

Dans les seconds corps, la température de la vapeur est de 92 degrés, ce qui permet de chauffer les jus bruts à 85 degrés.

L'emploi de ce système peut conduire à une économie importante de combustible. On peut arriver à ne brûler que 7 kilogrammes de charbon par hectolitre de jus.

## 8° PURIFICATION DU SIROP

Cette purification se fait par filtration sur noir animal nouvellement revivifié.

Dans ce but, on a commencé par le réchauffer à 100 degrés environ pour augmenter sa fluidité dans une chaudière placée en charge sur les filtres, et contenant un serpentín. On lui fait parfois aussi subir dans cette chaudière une purification calcicarbonique, et on lui restitue un peu d'alcalinité s'il y a lieu. On fait parfois une clarification au moyen  $0^{\text{kg}},50$  à  $0^{\text{kg}},75$  de sang et  $1^{\text{kg}},5$  à 2 kilogrammes de noir fin. Le sirop filtré sur le noir est déposé dans un bac d'attente au rez-de-chaussée.

## 9° CUITE DU SIROP

A 20 degrés Baumé, le jus prend le nom de sirop. Sans parler des sels de potasse, de soude et autres, le sirop contient une certaine quantité d'eau; or il ne cristallise que si cette proportion d'eau s'abaisse au-dessous de 14 p. 100.

Pour arriver à faire cristalliser le sucre, il faut donc concentrer le sirop; cette opération s'appelle la cuite.

Autrefois la cuite et la cristallisation étaient deux opérations très distinctes.

Une fois la cuite opérée, le sirop était mis dans de grands bacs en tôle où, pendant huit et quinze jours, on l'abandonnait à lui-même; il cristallisait, c'est-à-dire se séparait en sucre solide et en mélasses dites premières. Or, le matériel en bacs et la main-d'œuvre, les locaux nécessaires, la chaleur à laquelle il fallait les maintenir, constituaient une sérieuse dépense; mais on trouva bientôt un tour de main à l'aide duquel la cristallisation se fait en même temps que la cuite. C'est ce que l'on a nommé la *cuite en grains*.



Quant à l'appareil où s'exécute cette opération, c'est toujours la chaudière Howard légèrement modifiée.

Les sirops qui sortent, avons-nous vu, à 20 degrés Baumé de l'appareil d'évaporation ont besoin d'être concentrés dans des conditions particulières pour être amenés au point de cuite convenable.

Il faut, pour empêcher la transformation d'une partie du sucre en mélasse,

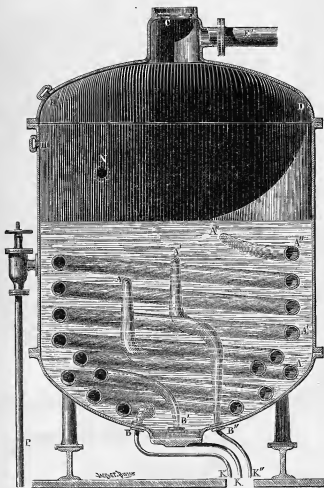


Fig. 105.

soustraire les sirops à l'action des hautes températures, ce que l'on obtient en entretenant dans la chaudière à cuire un vide de 60 à 65 centimètres de mercure.

Il faut aussi, pour former le grain dans la chaudière même, pouvoir faire une première cuisson jusqu'à la consistance de cuite ordinaire, puis continuer l'opération par l'introduction successive de petites quantités de sirop en surcharge,

qui déterminent par leur différence de température une cristallisation des sirops précédemment amenés au point de cuite.

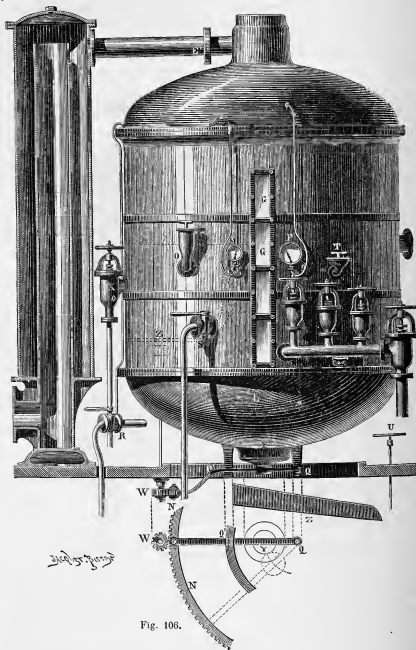


Fig. 106.

La chaudière, représentée figures 105 et 106, remplit complètement les conditions que nous venons d'énumérer.

Cet appareil, très analogue à la chaudière du triple effet, se compose d'un fond et d'une coupole en fonte, d'une calandre ou partie cylindrique en tôle avec cornières en fer.

Chaque chaudière contient ordinairement trois serpentins à vapeur, en cuivre rouge, superposés, A, A', A''. Ces serpentins sont munis chacun de soupapes fonte et bronze pour la prise de vapeur de chacun d'eux. On peut donc y introduire séparément et successivement la vapeur. Il en résulte qu'au fur et à mesure que l'opération s'avance, le grain formé, ayant tendance à se précipiter au fond de la chaudière et venant ainsi couvrir les surfaces inférieures de cristaux mauvais conducteurs du calorique, l'ébullition des sirops qui surnagent devient possible avec les serpentins supérieurs.

Cette introduction successive de vapeur dans les serpentins à partir du fond a encore l'avantage d'éviter d'avoir des surfaces chauffées en dehors du liquide et empêche la caramélisation qui se produirait sur les bords de ces surfaces.

La faculté de produire le grain dans la chaudière même donne d'excellents résultats. Les sucres produits par ce moyen sont plus faciles à purger, sont plus beaux et donnent un rendement plus élevé par hectolitre de matière cuite.

Les autres parties principales de la chaudière sont les suivantes :

A A' A'' Serpentins.

B B' B'' Bassin hémisphérique inférieur.

K K' K'' Extrémités des serpentins.

H Calandre.

RX Réservoir de vapeur et robinet.

M Manomètre.

F Baromètre

G Glaces.

T Robinet graisseur.

E' Tube de communication avec la pompe à air.

V Robinet d'injection.

S Arrivée du sirop.

La cuite en grains est aisée à conduire. On commence par fermer hermétiquement tous les robinets, puis on fait le vide. Quand le vide atteint 400 millimètres de mercure, on introduit le sirop par le robinet S; la pression atmosphérique pousse rapidement le liquide dans la chaudière. Quand il a dépassé le serpentin A'', on arrête son arrivée. On fait arriver la vapeur dans le serpentin A'; le sirop commence à bouillir et se met à mousser. Si la mousse atteint la quatrième glace, on fait tomber un peu d'huile par le robinet T.

Le robinet S est ouvert avec précaution de façon à entretenir le niveau du sirop jusqu'à ce que la densité, qui était au début 1.200, par exemple, ait atteint 1.360. On ferme alors le robinet S et l'on chauffe la masse de façon à ce que la densité atteigne 1.450. On peut alors terminer la cuite de deux façons différentes : soit couler la masse cuite dans les rafraîchissoirs, soit produire des cristaux par la cuite en grains.

Pour déterminer le degré de cuisson convenable, on peut procéder à deux espèces d'épreuves :

1° Le degré de température à l'ébullition sous la pression atmosphérique ;

2° La viscosité.

Le tableau suivant donne les températures d'ébullition du sirop correspon-

dant aux preuves que nous allons indiquer, ainsi que les quantités d'eau et de sucre relatives à chacun de ces termes de l'évaporation à l'air, sous la pression de 760 millimètres de mercure.

PREUVES		TEMPÉRATURE	100 PARTIES CONTIENNENT	
			sucre	eau
Filet . . . . .		109,0	85,00	15,00
Crochet	{ léger . . .	110,5	87,00	13,00
	{ fort . . .	112,0	88,00	12,00
Soufflé	{ léger . . .	116,0	90,00	10,00
	{ fort . . .	121,0	92,00	8,00
Cassé	{ petit . . .	122,0	92,67	7,33
	{ grand . . .	128,5	95,75	4,25
Cassé sur le doigt . .		132,5	96,55	3,45

#### DEGRÉS ET VÉRIFICATION DE LA CUITE

D'après Payen, le terme auquel l'on doit arrêter la cuite est indiqué par un essai appelé la *preuve*. Il y a plusieurs sortes de preuves qui correspondent à différents degrés de concentration. La première est appelée *preuve au filet*. Le sirop a atteint ce terme aussitôt qu'une goutte prise entre le pouce et l'index peut s'allonger en un fil délié lorsque l'on écarte brusquement les doigts. Si le filet se rompt et forme en remontant un petit crochet, l'évaporation est parvenue au terme de la *preuve au crochet*.

On distingue deux termes de concentration entre le crochet faible et le crochet fort. On emploie notamment pour les candis, la *preuve au soufflé* dans des chaudières ouvertes. Le sirop a atteint ce degré de concentration lorsqu'en trempant une écumoire dans le liquide, puis le relevant dans une position verticale, on peut, en soufflant très fort au travers des trous produire des bulles formées par l'air enveloppé dans le sirop. Suivant que l'on parvient à détacher de l'écumoire seulement quelques bulles, ou, qu'au contraire, un grand nombre volent à la fois, la cuite se trouve au *soufflé léger*, ou au *soufflé fort*. Les preuves dites le *petit cassé*, le *grand cassé* et le *cassé sur le doigt*, ne sont guère employées que dans la fabrication des *sucre d'orge* et de quelques autres produits de confiserie.

On obtient la première preuve lorsqu'après avoir mouillé le doigt, puis l'avoir trempé dans le sirop, et aussitôt après dans l'eau froide, on peut en détacher le sucre, et, en le frottant entre les doigts en former une boule qui, lancée sur le carreau, se casse en se déformant.

Dans la preuve du *grand cassé*, la boule formée par le même moyen est assez dure pour se briser facilement lorsqu'on la lance de même. Dans la preuve au *cassé sur le doigt*, le sucre se solidifie sur le doigt, de manière à l'entourer d'une sorte de doigtier de sucre cassant.

Avant de couler la cuite, on la refroidit et on l'alimente. Le cristal se trouve ainsi dans un milieu plus fluide. On peut faciliter la cuite par l'emploi de l'acide sulfureux.

La cuite est coulée dans des cristallisoirs plats dits *bacs de premiers jets*,

ayant 0<sup>m</sup>,500 de profondeur utile. Elle s'y refroidit à 35 ou 50 degrés au minimum.

La composition des produits sucrés a beaucoup varié en France depuis que la culture de la betterave riche s'est propagée.

Les jus sont plus purs et se travaillent bien plus facilement; les masses cuites de premier et de deuxième jets donnent des rendements en sucre beaucoup plus élevés.

Nous allons donner, d'après M. Dupont, la composition moyenne de plusieurs masses cuites de premier jet de la campagne 1887-1888.

Avant l'application de la loi de 1884, les masses cuites françaises avaient les compositions extrêmes suivantes :

Sucre cristallisable . . . . .	de	73,00 à 84,00
Glucose . . . . .		traces
Non sucre . . . . .		16,00 à 6,00
Cendres . . . . .		6,50 à 4,50
Matières organiques . . . . .		7,00 à 5,00
Eau . . . . .		11,00 à 7,00
Matières sèches . . . . .		93,00 à 89,00
Coefficient salin . . . . .		12,00 à 18,00

En 1887-1888, nous trouvons :

	AISENE	OISE	SEINE- ET-OISE	SOMME	AUTRES départements
Sucre cristallisable . .	86,90	85,80	84,70	85,65	86,30
Sucre incristallisable .	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Non sucre . . . . .	6,60	8,60	9,75	8,55	6,20
Cendres . . . . .	2,50	2,79	3,05	2,81	2,43
Matières organiques .	4,00	5,83	6,70	5,74	3,67
Matières sèches . . .	93,50	94,42	94,45	94,20	93,00
Eau . . . . .	6,50	3,58	5,55	5,80	7,00
Alcalinité libre . . .	0,29	0,17	0,15	0,22	0,21
Chaux totale . . . .	traces	0,00	0,04	0,02	0,00
Coefficient salin . . .	33,42	30,78	27,70	30,48	35,72
Coefficient organique .	21,72	14,71	12,64	14,92	23,65

#### ACCIDENTS DES CUITES

Pendant le cours de la cuite les sirops peuvent devenir mousseux; nous avons dit que dans ce cas on ouvrait le robinet à graisse ou à beurre.

L'excès de chaux, surtout quand les betteraves sont chargées en oxalates alcalins, produit l'effet contraire. On dit alors que la cuite est *immobile*, elle ne bout pas. La concentration devient alors très difficile.

Dans les bons appareils, la cuite dure environ une dizaine de minutes. Si elle a eu lieu dans le vide on doit élever la température du sirop avant de la laisser cristalliser, car à sa sortie de l'appareil sa température est assez basse pour qu'il devienne épais et donne des cristaux menus entre lesquels la mélasse reste emprisonnée. Il serait alors très difficile de purger un pareil sucre.

## 10° PURGATION DU SUCRE. — CRISTALLISATION

Nous avons dit que la cuite terminée, la masse cuite était coulée dans des cristallisoirs dits bacs de premiers jets. Il n'est pas possible d'enlever à la masse en une seule fois tout le sucre cristallisable qu'elle renferme. On y parvient en divisant l'opération, c'est-à-dire par plusieurs cristallisations réitérées. Les produits sont des sucres de premier, second et troisième jets.

La séparation du sucre d'avec son sirop s'opère soit avec les *formes*, soit avec les *caisses*, soit avec les *turbines*, ou *essoreuses*.

Les formes, autrefois très employées, sont presque abandonnées mainte-

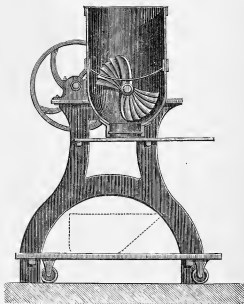


Fig. 107.

nant. Elles consistent en grands vases coniques en terre cuite ou tôle galvanisée posés sur leur pointe et percés à leur partie inférieure d'un trou bouché avec un tampon de linge mouillé. On verse la masse cuite dans ces formes. Après un séjour de vingt-quatre à trente-six heures, le tampon est enlevé; la pointe des pains est percée avec une alène et le sirop s'égoutte dans des vases placés au-dessous. Une gouttière en zinc conduit toutes les mélasses provenant de l'égouttage dans des réservoirs spéciaux.

Lorsque l'égouttage est suffisant, on *loche* les pains; cette opération du *lochage* consiste à renverser les formes sur la base pour retirer les pains.

L'égouttage peut être très accéléré par l'emploi du vide. Il suffit, pour cela, de disposer les formes de façon que leurs pointes communiquent d'une façon

hermétique avec un tuyau dans lequel on fait le vide par un aspirateur quelconque.

L'emploi des caisses constitue un second système d'égouttage, mis en pratique depuis que l'on fait usage des appareils à cuire dans le vide.

On opère la cuite au crochet léger, puis une certaine quantité de sirop est concentrée dans les réchauffoirs; la température est portée à 78 degrés; une agitation favorise la formation des cristaux isolés. La cristallisation s'opère ainsi dans les réchauffoirs pendant dix-huit à vingt-quatre heures. Cette matière, prise en masse, est alors portée dans des caisses en tôle galvanisée dont le fond, en toile métallique, laisse facilement passer le sirop et retient les cristaux.

Le clairçage a ensuite pour but de débarrasser le sucre de la mélasse interposée dans les cristaux en la déplaçant par une solution saturée de sucre cristallisable. Pour obtenir des sucres très blancs, on fait filtrer trois clairces; la première est préparée avec un sirop un peu impur, la seconde avec du sirop presque pur, la troisième avec du sirop tout à fait blanc.

Avant de procéder au troisième mode de purgation aujourd'hui universellement employé et qui est le *turbinage*, on malaxe la masse cuite avec un peu de sirop moins cuit dans un malaxeur représenté figure 107. La pâte est introduite dans cet appareil qui, en tournant, écrase la cuite et la broie sans trop écraser les cristaux.

Cette masse cuite, ainsi ramollie, est portée aux turbines.

#### TURBINAGE

Le turbinage s'opère avec des machines à force centrifuge connues d'abord sous les noms d'*hydro-extracteurs toupies*, puis *essoreuses* et *turbines*.

Ces appareils furent d'abord appliqués à l'essorage et au séchage des tissus.

M. Pendzoldt est le premier qui ait eu l'idée d'appliquer une machine basée sur l'action de la force centrifuge. Le brevet date de 1836.

On sait que la force centrifuge tend à écarter les molécules du centre pour les amener vers la circonférence. Si donc, dans un vase à claire-voie, on introduit une masse humide et qu'on lui imprime un mouvement de rotation rapide, la masse solide seule y sera retenue et le liquide projeté vers la circonférence pourra s'écouler hors du vase.

Dans le premier appareil de ce genre, le vase à claire-voie avait la forme d'un tambour annulaire dont la circonférence était percée de trous. Ce tambour était monté sur un axe central placé horizontalement et recevait par des engrenages un mouvement donné à la main.

L'établissement de ces machines présente plusieurs difficultés qui résultent de la grande vitesse à laquelle elles fonctionnent. D'abord le pivot doit être construit avec soin et maintenu dans un état de graissage parfait; il faut ensuite que le tambour soit chargé le plus également possible, car lorsqu'il y a un côté plus léger que l'autre, la vitesse de rotation fait subir à l'arbre des vibrations d'autant plus fortes que la machine marche plus vite. On comprend ainsi que les vibrations de l'arbre central puissent occasionner des inconvénients assez graves.

Avec des vitesses très grandes, la commande par engrenages offre des inconvénients, d'abord par suite du bruit qui résulte du choc des dents, ensuite pour les causes de bris ou de prompt usure.

On a évité ces inconvénients en composant les dentures des pignons de rondelle de peau préparées auxquelles on fait acquérir une grande sûreté, et qui n'ont plus besoin d'être graissées pour bien fonctionner.

Le cuir employé pour cette préparation est celui désigné dans le commerce sous le nom de peaux de Buenos-Ayres, que l'on passe à l'eau de chaux; elles acquièrent une dureté extrême, mais elles présentent en même temps une surface rugueuse qu'il faut nécessairement adoucir et polir.

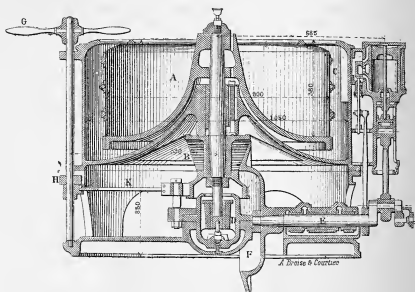


Fig. 108.

Les coussinets supérieurs des arbres de transmission sont établis sur le même principe. On peut également employer le caoutchouc ou le carton comprimé.

Beaucoup de perfectionnements de détails furent ainsi successivement apportés à cette machine jusque dans ces derniers temps.

Depuis 1844, les turbines ont été appliquées à l'essorage du sucre.

Les figures 108 et 109 donnent une idée des turbines employées dans les sucreries.

La figure 108 représente la coupe d'un appareil de ce genre actionné par un moteur direct faisant partie de la machine. Cette turbine se compose des deux cuves en fonte superposées A et B tournées à la jonction d'assemblage et reliées entre elles par des boulons.

La partie supérieure de la cuve A est également tournée et polie; la partie inférieure comporte une tubulure d'écoulement des eaux d'essorage. La cuve



inférieure B, servant d'assise, porte à sa circonférence six jôurs avec nervures permettant à volonté la vérification et l'entretien du mécanisme placé dans cette partie de l'appareil.

Le petit moteur à vapeur placé sur le côté de la cuve supérieure est fixé par des boulons contre cette enveloppe en fonte. Le cylindre est fondu d'une seule

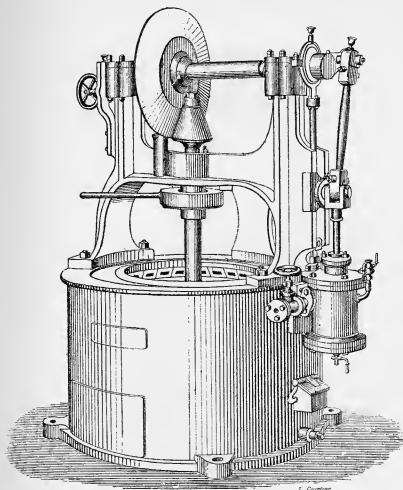


Fig. 109.

pièce avec sa boîte à vapeur, son couvercle et sa glissière. Le tout est donc très simple et très solide.

La ligne C indique une feuille de tôle fixée par les boulons du cylindre à vapeur et servant d'isolateur pour empêcher le refroidissement de la vapeur au contact des sirops projetés par la force centrifuge.

La bielle communique son mouvement à l'arbre horizontal D par le petit

vilebrequin terminant l'une de ses extrémités. Cet arbre tourne dans un grand palier graisseur à trois coussinets en bronze, de manière à être maintenu dans toute sa longueur. A l'extrémité opposée de la manivelle se trouve la roue de friction ou engrenage d'angle à frottement, montée sur un ajustage conique avec écrou de serrage.

L'arbre vertical, en acier fondu, reçoit à sa partie supérieure un panier ou

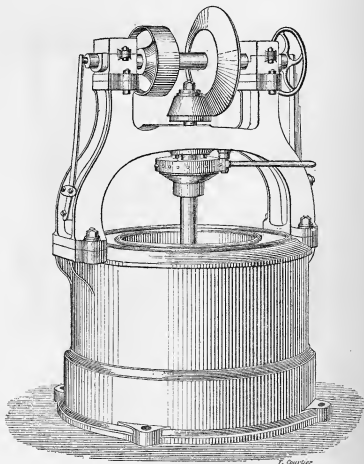


Fig. 110.

tambour essoreur soit en fer, soit en cuivre. Ce panier, comme forme centrale, a la même disposition que la partie centrale de la cuve supérieure elle-même, qui remonte jusqu'au centre de celui-ci, de manière à maintenir l'arbre rigide sans flexion possible. La partie inférieure de cet arbre repose sur trois grains en acier superposés de manière à éviter les chances de grippement. L'arbre vertical est maintenu en dessous du panier par un coussinet compensateur. Le grais-

sage de ce coussinet s'obtient au moyen du vase graisseur à siphon placé à la partie supérieure de l'arbre.

Le pignon de friction reçoit à sa partie supérieure un grand disque en tôle destiné à empêcher les huiles du graissage du coussinet compensateur de couler dans les engrenages à friction.

Le panier tourné à sa partie supérieure et solidement armé à sa circonférence extérieure de cercles en fer fin, est très minutieusement équilibré de manière à obtenir un fonctionnement irréprochable sans vibrations.

La figure 109 montre l'élévation d'un appareil tout semblable avec moteur adhérent, mais transmission supérieure, et la figure 110 l'élévation d'une turbine commandée par courroies.

Le fonctionnement de ces appareils est des plus simples. Le sucre grainé, encore mélangé de son sirop, est introduit dans le tambour que l'on fait immédiatement tourner. La vitesse peut atteindre quinze cents tours à la minute. La force centrifuge disperse immédiatement le sirop dans l'enveloppe en lui faisant abandonner le sucre qui reste appliqué contre la paroi du tambour. Plusieurs claires introduites successivement blanchissent et purifient le sucre d'une façon remarquable.

On envoie de la vapeur dans la turbine en la mélangeant avec une certaine quantité d'air au moyen d'un injecteur. Le mélange traverse de bas en haut un cylindre muni de diaphragmes servant au dépôt de l'eau de condensation de la vapeur. Cette vapeur, guidée méthodiquement par les parois du tambour mobile se répand uniformément dans le sucre à claircer. Une éprouvette spéciale fixée au bâti en fonte permet de prendre des échantillons pendant les différentes phases d'une opération.

Lorsque le clairçage est terminé on interrompt l'arrivée de vapeur, le mouvement de rotation est arrêté, puis on enlève le couvercle. Le sucre est retiré au moyen d'une pelle.

A la sortie de l'appareil le sucre peut immédiatement être mis en barriques et livré au commerce. De plus, les sirops séparés instantanément du sucre cristallisé d'après ce procédé, ne sont plus sujets à l'altération qu'ils éprouvent pendant l'égouttage des formes et des caisses sous l'influence de la chaleur, et peuvent être recuits immédiatement.

La durée totale d'une opération peut être de vingt à trente minutes. On obtient de 80 à 100 kilogrammes de sucre à la fois.

Nous avons dit que de nombreuses modifications, des perfectionnements de détail avaient été successivement apportés à ces appareils, nous signalerons entre autres ceux que présente la turbine Strohbach.

Cette turbine, représentée en coupe figure 111, opère d'une manière continue en évitant les arrêts ou interruptions occasionnées par la vidange de ces appareils.

La disposition générale de la turbine est telle qu'au fur et à mesure de l'arrivée continue du mélange à turbiner, la partie solide est séparée à l'état sec et déborde le tambour, cédant ainsi sa place à de nouvelles quantités de substance à turbiner.

A la partie extérieure du manteau *a* se trouvent deux canaux symétriques *bb*

qui recouvrent entièrement la partie supérieure du manteau a et qui, au bas,

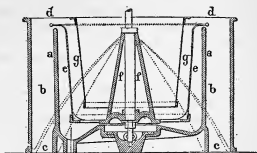


Fig. 111.

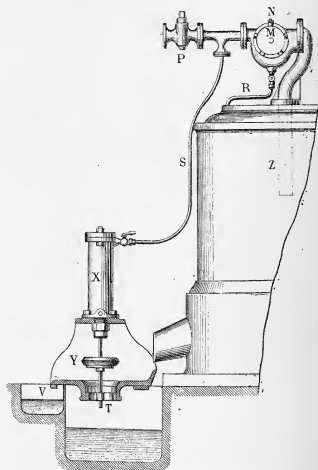


Fig. 112.

vont en se rétrécissant. Il en résulte une sorte de canal annulaire dans lequel

tombent les parties solides lancées par-dessus le bord supérieur du tambour.

Afin d'empêcher que les parties solides soient lancées hors de la turbine, les canaux *b* sont recouverts d'un plateau circulaire *d* fixé sur l'enveloppe de l'appareil.

Le tambour *e*, placé sur le cône *f*, possède un bord recourbé au moyen duquel il surplombe le bord supérieur du manteau *a*. Au plateau *d* on a fixé le manteau *g* conique et concentrique au tambour *e*, manteau dont le bord inférieur laisse entre lui et le fond de la turbine un espace libre d'une hauteur convenable.

Par cette disposition, on empêche la substance à turbiner de s'élever trop vite le long de la paroi du tambour; cette substance au contraire monte ainsi lentement de la partie inférieure du tambour à la partie supérieure, laissant au liquide le temps de se dégager complètement.

La séparation des corps solides s'opère de la manière suivante : pendant la rotation du tambour *e*, la partie liquide est exprimée par la force centrifuge du mélange introduit en jet continu et passe au travers des trous du tambour dans l'espace intérieur du manteau *a* d'où elle peut s'écouler.

Les parties solides montent lentement par l'action de la force centrifuge le long de la paroi peu inclinée du tambour *e* en abandonnant les dernières traces de liquide, puis elles sont lancées entre le plateau *d* et le bord recourbé du tambour *e* dans les canaux annulaires *b b* et sortent par les ouvertures *c*.

Les avantages de ce système sur ceux décrits précédemment sont assez importants.

Enfin nous donnons (fig. 112) l'indication d'un petit appareil très simple et très utile qui s'adapte aux turbines. C'est un clairceur à détente en turbine fermée avec séparateur automatique. Son montage est facile. Il comprend :

- A Clairceur régulateur à cadran.
- B Prise de vapeur du séparateur.
- C Robinet de manœuvre.
- H Tube de vapeur humide.
- I Tuyau de vapeur du séparateur.
- K Nochère à sirop pauvre.
- L Nochère à sirop riche.
- S Cylindre à vapeur contenant piston de fermeture et ressort à boudin.
- V Boîte séparatrice.
- T Tube de vapeur détendue et sèche.

#### COMPOSITION DES MASSES CUITES DE DEUXIÈME JET

Comme pour celles de premier jet nous donnons, d'après M. Dupont, la composition moyenne des masses cuites de deuxième jet pour la campagne 1887-1888.

	1	2	3	4
Sucre cristalisable . . . .	69,90	67,60	70,83	73,20
Sucre incristalisable . .	0,00	0,00	0,00	0,00
Dérivés de la glucose . .	0,00	0,10	0,03	0,00
Nou sucre . . . . .	20,31	22,53	17,46	15,53
Cendres . . . . .	7,41	8,05	5,83	5,30
Matières organiques . .	12,90	14,48	11,61	10,25
Matières sèches . . . .	90,21	90,13	88,31	88,75
Eau . . . . .	9,79	9,87	11,69	11,25
Alcalinité libre . . . .	0,20	0,08	0,25	0,29
Chaux totale . . . . .	0,05	0,18	0,02	0,04
Degré de pureté . . . .	77,48	75,00	80,23	82,48
Coefficient salin . . . .	9,44	8,39	12,11	13,81
Coefficient organique . .	5,41	4,66	6,10	7,14

Avant 1884 la composition variait ainsi :

Sucre . . . . .	de	62 à 68
Cendres . . . . .		8 à 11
Matières organiques . . . . .		14 à 17
Eau . . . . .		8 à 12
Coefficient salin . . . . .		6 à 9

#### 11° TRAVAIL DES BAS PRODUITS. — TRAITEMENT DES MÉLASSES

Autrefois, nous l'avons dit, la cristallisation était une longue affaire, mais il en était une autre presque aussi lente, c'était la séparation des cristaux d'avec les eaux mères, nous avons vu comment l'emploi des turbines avait résolu le problème.

Mais après le sucre extrait vient le résidu, la mélasse. En effet, la masse une fois turbinée, le sirop d'égout qui en provient est cuit à nouveau et mis à cristalliser dans de grands bacs placés dans l'empli chauffé; au bout de trois ou quatre mois on procède à un turbinage qui donne un sucre de troisième jet et de la mélasse. Celle-ci, jusque dans ces derniers temps, était vendue pour être distillée et fournir des salins de potasse.

Mais s'il est un produit qu'on cherche à éviter, un produit que le fabricant rougisserait d'avouer, c'est celui-là. Quand en effet le sucre vaut 60 francs, la mélasse n'en vaut guère que 12 et cependant elle contient pour 30 francs de ce même sucre cristallisable. Aussi pourrait-on dire que la perfection de l'art du sucrier serait de ne pas faire de mélasse. Les efforts de tous tendent à atteindre ce but, mais en attendant on cherche de tous côtés également des procédés d'extraction du sucre contenu dans les mélasses.

L'art de tirer parti de la mélasse est donc venu se placer à côté de l'art de faire le sucre. C'est Dubrunfaut qui, sans conteste, en est le père.

#### NATURE ET COMPOSITION MOYENNE DE LA MÉLASSE

La mélasse est un sirop impur dont la densité et la viscosité sont telles qu'il devient difficile et coûteux, sinon impossible, de retirer le sucre qu'elle contient par les procédés ordinaires de concentration et de cristallisation.

Nous avons vu que le jus de betterave contient toujours en quantité plus ou moins grandes des matières colorantes, des matières protéiques et des sels organiques minéraux.

On élimine une partie de ces matières étrangères, puis on obtient par des concentrations et des cristallisations successives, d'une part des sucres de moins en moins purs, de l'autre des sirops de plus en plus impurs. Après la troisième ou la quatrième cristallisation, le sirop résidu est tellement visqueux que si l'on essayait de le concentrer assez pour amener le sucre et l'eau dans les proportions nécessaires pour dépasser la saturation, il se prendrait en masse. Il pèse alors 1.380 à 1.420 grammes le litre.

Voici quelques compositions de ces sirops résidus arrivés à l'état de mélasse :

	1	2	3	4	5	6	7
Densité en degrés Baumé.	40,70	38,20	43,00	42,40	41,50	41,30	42,40
Sucre cristallisable. . . .	55,00	53,00	61,00	59,00	56,50	55,00	55,50
Sucre incristallisable . . .	traces	"	"	"	"	"	"
Eau. . . . .	21,98	28,60	18,00	18,50	19,94	18,44	17,00
Sels minéraux . . . . .	13,14	10,80	12,24	11,97	11,16	12,38	10,53
Matières organiques . . .	9,88	7,60	8,76	10,53	12,40	14,18	16,97

Les cendres contiennent en général moitié de leur poids de potasse, puis de la soude en proportion cinq ou six fois moindre, et enfin un peu de chaux provenant surtout du traitement industriel. Le reste du poids des cendres obtenues sans addition préalable d'acide sulfurique se compose surtout d'acide carbonique résultant de la décomposition de divers acides organiques, puis d'acides sulfurique et phosphorique, de silice et de chlore.

Comme on le voit, c'est surtout l'état physique des matières engagées avec le sucre dans la même dissolution qui met obstacle à sa cristallisation par les procédés ordinaires de concentration.

Du jour où les colonies se mirent à faire du sucre elles firent fermenter leurs mélasses et découvrirent le rhum; la fermentation des mélasses de betteraves n'est donc pas une invention, mais une imitation. Quoi qu'il en soit, nous n'avons pas à nous occuper ici de la distillation des mélasses, nous devons nous borner à étudier les différents moyens qui ont été proposés pour en extraire le sucre.

#### MÉTHODES DIVERSES D'EXTRACTION DU SUCRE DES MÉLASSES

Les diverses méthodes imaginées jusqu'ici peuvent se ramener aux types suivants :

**Premier type.** — Eliminer tout ou partie des sels et ramener ainsi la mélasse à la composition et par suite à l'état physique d'un sirop plus pur pouvant donner une cristallisation plus ou moins complète selon son degré de pureté.

**Deuxième type.** — Engager le sucre dans une combinaison insoluble qui peut être séparée du mélange salin, puis traitée à part pour mettre le sucre en liberté.

**Troisième type.** — Éliminer les sels et rendre ensuite le sucre lui-même insoluble dans la liqueur dont il se sépare par précipitation.

Mais au point de vue des tentatives industrielles qui se sont produites pour appliquer l'une des méthodes précédentes, nous pouvons classer comme suit ces différents procédés :

**Premier groupe.** — Procédés ayant l'osmose pour base : Osmose Dubrunfaut. Osmose calcique Dubrunfaut. Osmosucrate de Daix et Possoz.

**Deuxième groupe.** — Procédés dans lesquels on emploie la chaux sans alcool : Procédés Lair. Lavage du saccharate à froid. Substitution Steffen. Séparation Steffen. Procédé Lefranc.

**Troisième groupe.** — Procédés divers d'extraction au moyen de bases autres que la chaux, tels que ceux de Leplay à la baryte et à la strontiane; ceux de Scheibler à la strontiane, etc.

**Quatrième groupe.** — Procédés divers, tels que ceux de Margueritte, à l'alcool sans chaux, etc.

**Cinquième groupe.** — Procédés dans lesquels on emploie la chaux et l'alcool : Élution Seyferth-Scheibler-Bodenbender. Élution Manoury. Élution Weinrich. Précipitation Sotsmann. Précipitation Drevermann. Procédé Nugues, etc.

Les procédés qui utilisent la chaux avec ou sans alcool doivent encore être divisés en deux groupes : 1<sup>o</sup> ceux pour lesquels on fait usage de chaux caustique réduite en poudre, tels que la substitution, la séparation, l'élution Scheibler-Seyferth; 2<sup>o</sup> ceux dans lesquels la chaux doit être employée après avoir été plus ou moins hydratée, tels que les procédés Manoury, Sotsmann, etc.

## PREMIER GROUPE

### PROCÉDÉS AYANT L'OSMOSE POUR BASE

Sous ce titre, Dubrunfaut a créé l'application industrielle à l'épuration des sirops et mélasses, des phénomènes connus en physique sous le nom d'exosmose et d'endosmose.

Il a le premier appliqué dans des conditions variées le principe découvert par Dutrochet. Les sels de potasse et de soude contenus dans la betterave empêchent la cristallisation d'une portion notable de sucre. Dubrunfaut a constaté à cet égard qu'une partie de salin immobilise environ quatre fois son poids de sucre.

Dutrochet avait reconnu qu'une membrane remplie de liquide et plongée dans un autre liquide différent du premier laisse passer au travers de ses pores le liquide intérieur et le liquide extérieur en quantités variables suivant la nature de ces liquides. On sait que si l'on place dans une poche membraneuse une dissolution de gomme, et qu'on plonge cette membrane dans de l'eau, il s'établira un double courant appelé *endosmose* (c'est-à-dire du dehors en dedans) et un



courant d'exosmose (du dedans en dehors). Une partie de la solution gommeuse sort, une partie de l'eau entre, et comme dans ce cas le courant d'endosmose est beaucoup plus considérable que le courant d'exosmose, le volume intérieur augmente et une certaine pression peut se manifester.

En 1849, Graham reconnut que si on place directement l'un au-dessus de l'autre deux liquides différents sans les séparer par une membrane, ces deux liquides se pénètrent par diffusion; il a pu ainsi déterminer le pouvoir diffusif de certaines substances.

Dubrunfaut de son côté en étudiant les phénomènes d'endosmose et d'exosmose de Dutrochet a considéré la membrane comme étant le siège d'une force spéciale et explique l'endosmose comme un cas particulier des phénomènes de diffusion. Il comprit les avantages que l'on pourrait tirer de la différence de diffusibilité des divers corps pour leur séparation analytique.

En 1863, Graham de son côté publia une méthode analytique basée sur ces phénomènes, à laquelle il donna le nom de *dialyse*.

L'appareil qui sert dans ces analyses porte le nom de *dialyseur* et consiste comme dans l'*endosmomètre* de Dutrochet, en une membrane contenant le liquide à analyser et plongeant dans l'eau.

On sait que Graham a divisé toutes les substances en deux grandes classes. Il a donné le nom de *cristalloïdes* aux corps qui traversent facilement la membrane du dialyseur, et celui de *colloïdes* à ceux qui ne possèdent pas cette propriété.

En s'appuyant sur cette méthode, Dubrunfaut a fondé un procédé manufacturier qui rend actuellement les plus grands services dans l'industrie du sucre.

Étant donnée une membrane de parchemin, si l'on a d'un côté de la membrane de la mélasse chaude et de l'autre côté de l'eau chaude, on voit se produire au travers de la membrane le phénomène de l'osmose et qui consiste en ceci : une partie de l'eau traverse la membrane pour se rendre dans la mélasse, tandis qu'une partie des sels de la mélasse la traverse en sens inverse pour se rendre dans l'eau. Il en résulte que l'eau, de pure qu'elle était, devient plus ou moins chargée de sels, tandis que la mélasse devient plus pure. La conséquence de ce fait est qu'une partie du sucre qui d'abord ne pouvait pas cristalliser, le peut alors, les sels qui empêchaient cette cristallisation n'existant plus dans la mélasse, ou du moins s'y trouvant dans des proportions qui permettent la cristallisation du sucre.

Les appareils qui sont basés sur l'application de ce principe ont reçu le nom d'*osmogènes*.

Dans l'osmogène Dubrunfaut deux liquides sont en présence séparés par une membrane, le produit sucré d'un côté, de l'autre côté de l'eau ordinaire. Des papiers parchemins servent de membranes.

L'osmogène Dubrunfaut à 100 cadres perfectionné est représenté figure 113.

Cet appareil se compose d'un plateau fixe et d'un chevalet en fonte reliés entre eux par deux fers à I et quatre tirants en fer. Dans le chevalet se trouve l'écrou d'une vis sur laquelle on agit à l'aide d'un volant. A l'extrémité de cette vis est fixé un plateau mobile servant à faire pression sur les cadres en bois reposant sur les fers à I et placés entre le plateau fixe et ce plateau mobile. Les feuilles

de parchemin sont situées entre les cadres qui sont garnis des deux côtés de ficelles pour empêcher un déchirement du parchemin. Dans les cadres sont pratiqués quatre trous aux angles : un à la partie inférieure pour l'entrée de la mélasse; un à la partie supérieure diagonalement opposé pour la sortie des mélasses osmosées; un troisième à la partie supérieure à l'angle opposé, pour l'entrée d'eau pure; et le quatrième à la partie inférieure diagonalement opposé à celui ci-dessus pour la sortie des eaux d'exosmoses. Les entrées des mélasses et des eaux dans l'intérieur des cadres se font de deux en deux cadres; il en est de même pour les sorties. Les introductions et les sorties de mélasse et d'eau se font au moyen d'un jeu de robinets et d'entonnoirs fixés sur les sommiers fixe et mobile. La légende suivante achèvera de faire comprendre la disposition de l'appareil :

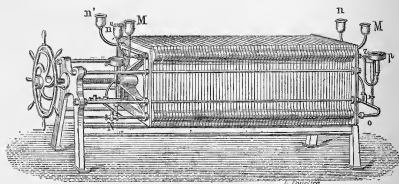


Fig. 113.

MM Entonnoirs pour introduction de mélasses.

nn' Entonnoirs pour introduction d'eau.

n'' Tube d'air terminé en entonnoir, placé à l'arrière de l'osmogène, destiné à éliminer l'air du conduit de sortie de la mélasse par l'éprouvette b.

p Eprouvette destinée à la sortie de la mélasse osmosée, placée en avant de l'osmogène.

rr' Eprouvettes destinées à la sortie des eaux d'exosmoses.

N Robinets de vidange des cadres à mélasses et à eaux.

OP Tuyaux et robinets destinés à établir ou à intercepter la communication entre les cadres à eau et les cadres à mélasses.

Cet osmogène à 100 cadres perfectionné présente 43 mètres carrés de surface active de papier parchemin. Il peut osmoser en 24 heures 3.000 kilogrammes de mélasse, de manière à relever le coefficient salin de 4 à 6,5 ou au maximum 7.

Il ne diffère de l'osmogène ancien de Dubrunfaut que par le remplacement des boulons de serrage des cadres au nombre de 10, par une seule vis et par le bâti en fonte et en fer dans lequel se trouvent placés et superposés les cadres de l'osmogène, de telle sorte que les frais d'installation sur place nécessités autrefois par l'osmogène ordinaire se trouvent supprimés.

L'osmogène Dubrunfaut perfectionné est appliqué dans un grand nombre de sucreries.

Il est de première importance de produire les eaux d'exosmose en moyenne à 2°,5 Baumé, mais avec les aréomètres ordinaires, même divisés en dixièmes

de degré, il est difficile de se rendre compte du degré des eaux d'exosmose s'écoulant par l'éprouvette de l'osmogène. Pour en prendre le degré réel il est nécessaire de les faire refroidir.

#### OSMOGÈNE ÉVAPORATEUR A DOUBLE OSMOSE

L'osmogène évaporateur à double osmose Leplay représenté figure 114 se compose de deux osmogènes semblables à celui que nous venons de décrire, qui sont réunis ensemble sur un même bâti, avec cette particularité que les montants verticaux des cadres en bois étant prolongés forment au-dessus de ces cadres un bac en bois M dans lequel est placé un petit serpentín en cuivre N servant à l'évaporation des mélasses osmosées, ce qui donne à l'appareil de plus grandes dimensions.

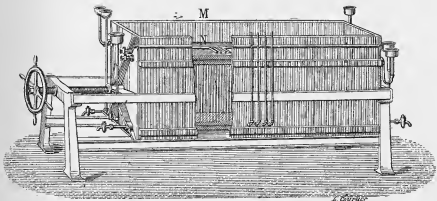


Fig. 114.

Les mélasses osmosées, en sortant du premier osmogène, remontent dans ce bac où elles s'évaporent, sont ramenées au degré de concentration qu'elles avaient avant leur entrée dans l'osmogène, et servent directement à l'alimentation du deuxième; à la sortie de ce dernier osmogène, elles remontent également dans le bac placé au-dessus, s'évaporent et coulent dans les gouttières destinées à cet effet comme à la sortie de l'osmogène Dubrunfaut.

Cet osmogène évaporateur à double osmose contient 126 cadres grand modèle présentant 86 mètres carrés de surface active parcheminée.

La conduite de 18 osmogènes de ce système ne demande que deux ouvriers de jour et deux de nuit.

Le papier parchemin est renouvelé tous les six à sept jours. Une hotte en tôle galvanisée placée au-dessus de la partie de l'osmogène évaporateur, conduit les vapeurs qui s'y produisent, en dehors de l'atelier.

Les liquides osmosés sont ensuite soumis à une bonne filtration sur le noir animal, et sont cuits en grain régulièrement. La masse cuite en grain est reçue dans les cristalliseurs et turbinée après quatre jours d'empli.

Le coefficient salin avant osmose variant de 3 à 5, s'élève après osmose de 10 à 14.

#### OSMOSE CALCIQUE PERFECTIONNÉE DUBRUNFAUT

Les égouts de turbinage contiennent des sels de potasse et de soude, les uns à acides organiques, et les autres à acides minéraux qui sont tous mélassigènes, mais tandis que les seconds sont facilement éliminés par l'osmose, les premiers ne le sont que peu ou point. Il faut donc avoir recours à des réactions chimiques pour en changer la nature.

Dubrunfaut a eu tout d'abord recours à la chaux. Mais l'emploi de la chaux avait un grave inconvénient. Les combinaisons calciques se formant au sein des égouts étaient peu diffusibles, elles empêchaient en outre le fonctionnement du papier parchemin. Il pensa alors à remplacer la chaux par le chlorure de calcium puis finalement par le chlorure d'ammonium. Le procédé continue à porter improprement le nom d'osmose calcique.

Le principe et le but sont les mêmes. On change la nature des sels organiques contenus dans les sirops d'égout en les transformant en sels minéraux par contact avec le chlorure d'ammonium avant de les faire passer dans l'osmogène; il se produit pendant l'osmose, du chlorure de potassium ou de sodium qui diffuse très rapidement, surtout à l'état naissant, et en même temps des sels ammoniacaux. Ceux-ci, s'ils ne sont que peu diffusibles, ne nuisent pas à l'osmose des chlorures diffusibles par leur action sur le papier parchemin, et on les élimine ensuite, au moins en très grande partie, par le traitement calcocarbonique qu'on fait subir au jus frais mélangé au sirop osmosé. Les sels de chaux à acides organiques sont décomposés et l'ammoniaque se dégage. On fait ainsi rentrer constamment les égouts de premier jet dans le travail courant et on n'arrive à ne produire qu'un seul type de sucre de premier jet cuit en grains.

Pour mettre en pratique ce procédé, voici comment on procède.

Les égouts de premier jet sont envoyés en sortant de la turbine dans une chaudière à clarifier ordinaire. On y ajoute pour 20 hectolitres de sirop à 40° Baumé, 30 kilogrammes de sel ammoniac. On chauffe le mélange, on arrête l'arrivée de vapeur dans le serpentín dès que l'ébullition commence, et on l'envoie au bac d'alimentation des osmogènes où on le maintient à 100° environ. L'eau qui est introduite dans les osmogènes est chauffée à 70°. On fait alors une osmose profonde en employant 10 à 12 volumes d'eau pour un volume du sirop à osmoser et en faisant sortir celui-ci à environ 14° Baumé à chaud; le coefficient salin des sirops osmosés varie de 13° à 14°; quand il était à l'entrée de 7° à 8°.

Le sirop osmosé est mêlé au jus de betteraves, mais dans ce cas la carbonatation doit se faire à basse température.

#### OSMOGÈNE A DOUBLES CADRES (SYSTÈME BOULNOIS)

Cet appareil représenté figure 115 est construit en fer et en fonte avec cadres en bois. Les robinets et les tuyaux sont en cuivre. Il comporte deux tubes indi-

cateurs de niveau dans les cadres, sept tubes pour l'échappement de l'air et des bouchons filetés permettant le nettoyage facile des conduits.

Cet osmogène présente certains avantages.

1° L'emploi de doubles cadres en réduisant de moitié la longueur des canaux permet d'obtenir une distribution et une circulation plus régulières des liquides dans l'osmogène.

2° Deux robinets distributeurs permettent le service régulier des doubles cadres, le changement de marche des courants par la manœuvre d'une seule clef de robinet et un lavage rapide sans avoir besoin de démonter les cadres.

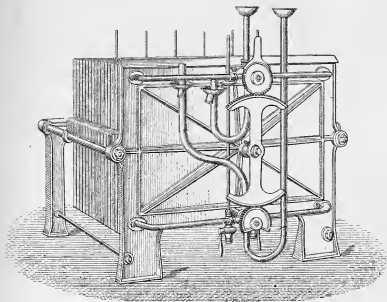


Fig. 113.

3° Il possède une puissance de production considérable (au minimum 3.000 kilogrammes de mélasse osmosée par 24 heures, avec un appareil à 51 cadres doubles). Cette production est obtenue par la circulation régulière et par une grande surface de papier parchemin, dont le contact présenté aux liquides est divisé de façon à éviter totalement l'inégalité de travail inhérente à une grande surface de contact.

4° Le règlement de l'entrée des liquides dans l'osmogène est très facile, et la température est toujours régulière.

#### OSMOGÈNE SAVARY

La figure 116 représente cet appareil qui tout en étant très analogue aux précédents possède quelques dispositions spéciales intéressantes. Il comprend 100 cadres; la surface utile du papier parchemin est de 70 mètres carrés.

L'alimentation de chaque cadre en eau et en mélasse y est rendue régulière, à l'aide d'un entonnoir spécial qui empêche la rentrée simultanée de l'eau et de bulles d'air, et par une disposition particulière facilitant la répartition égale de l'eau et de la mélasse dans chaque cadre.

Chaque molécule d'eau ou de mélasse qui entre dans l'appareil y effectue un parcours égal avant la sortie.

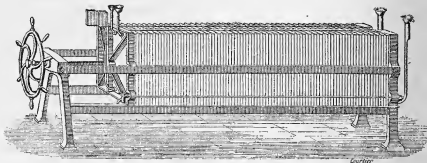


Fig. 116.

L'équilibre des liquides de chaque côté du parchemin est bien assuré, ce qui garantit une durée plus grande du parchemin.

Les éprouvettes de sortie de mélasse et d'eau sont disposées de telle sorte que l'aréomètre y reste immobile et fournit par conséquent une indication plus exacte de la densité.

Cet osmogène peut travailler 6.000 kilogrammes de mélasses par vingt-quatre heures.

#### OSMOGÈNE SELWIG ET LANGE

Dans cet appareil (fig. 117), l'entrée et la sortie des eaux et sirops ainsi que tous les accessoires, tubes de niveau et d'échappement d'air, robinets de vidange, de distribution d'eau et de mélasse se trouvent d'un seul côté sur le devant de l'osmogène.

Le changement de marche et l'interversion des courants sont rendus rapides et faciles par la manœuvre unique d'un seul robinet.

Les ficelles qui sont d'un entretien difficile sont remplacées par des barrettes métalliques inoxydables composées de ressorts à boudin en laiton qui maintiennent mieux les feuilles de papier parchemin. Par suite de l'emploi de ces barrettes, l'entretien des cadres est nul; le lavage en marche est beaucoup plus facile.

La vitesse de l'eau et de la mélasse est égale dans chaque cadre; il en résulte que l'effet osmotique est régulier; les papiers parchemins s'usent moins.

Un appareil de 100 cadres présente une surface osmosante de 44 mètres carrés.

L'osmose a pris, depuis quelques années, un très grand développement sur-

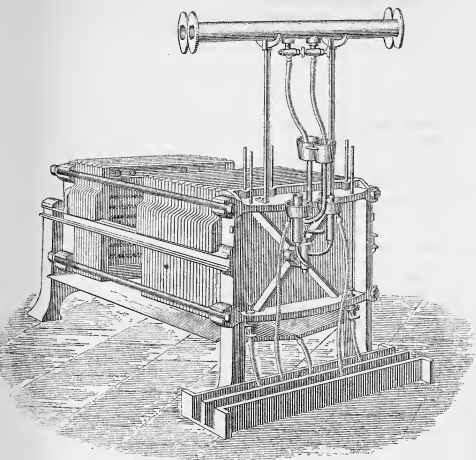


Fig. 117.

tout dans les pays étrangers où la législation sucrière en facilite le développement. Actuellement sur 400 fabriques allemandes, 150 pratiquent l'osmose.

#### DÉFAUTS PRINCIPAUX DES OSMOGÈNES

Les deux défauts principaux des osmogènes sont :

- 1° Le contact irrationnel de la mélasse et de l'eau ;
- 2° Une inégale répartition des produits dans les divers cadres de l'osmogène.

Pour que le travail de l'osmose se fasse régulièrement, il faut que le contact de l'eau et de la mélasse se fasse rationnellement, c'est-à-dire que dans chaque couple de cadres, l'eau la plus pure doit arriver sur la mélasse la mieux osmosée et au fur et à mesure que cette eau se charge de sels, elle doit rencontrer de la mélasse de plus en plus saline. A sa sortie des cadres lorsqu'elle est complète-

ment chargée de sels, l'eau doit rencontrer la mélasse la plus chargée en sels, c'est-à-dire la mélasse proprement dite.

Le système que nous venons d'indiquer, l'osmogène Selwig et Lange, satisfait, seul mais en partie seulement à cette condition.

#### OSMOGÈNE RATIONNEL DAIX

Pour arriver à ce résultat, M. Daix a construit un osmogène dans lequel il modifie complètement l'entrée de la mélasse et de l'eau ainsi que la sortie des produits osmosés. Ce constructeur place la sortie de la mélasse osmosée tout à côté de l'entrée de l'eau, et l'entrée de la mélasse à côté de la sortie de l'eau d'exosmose. Il résulte de là une marche méthodique. L'eau pure à son entrée dans l'appareil se trouve agir de l'autre côté du parchemin, sur la mélasse la plus osmosée; au fur et à mesure de son avancement, elle rencontre la mélasse de moins en moins osmosée et se charge de plus en plus de sels, de sorte qu'arrivée au point où elle sort, l'eau la plus chargée de sels rencontre la mélasse dès son entrée dans l'appareil, c'est-à-dire alors qu'elle est la plus chargée de sels.

En ce qui concerne l'inégale répartition dans les divers cadres, on a vu précédemment que dans tous les appareils cités, l'entrée et la sortie de la mélasse et de l'eau, leur mouvement, se font de la même manière. Les seules modifications apportées consistent dans certains agencements mécaniques ou de robinetterie. On a rendu l'appareil tournant, ou bien on a employé des robinets spéciaux pour renverser plus facilement les courants et pour éviter par suite le montage et le démontage que nécessitait l'osmogène primitif de Dubrunfaut; ou bien encore on a adopté une disposition rappelant la forme des filtres-presses et facilitant la pose des parchemins et le serrage des cadres.

Mais l'osmose ne se fait pas absolument de la même manière dans les diverses séries de cadres en avant, au milieu ou à l'arrière de l'appareil. Cela tient à ce que la répartition de l'eau et de la mélasse ne se fait pas identiquement de la même manière dans les divers cadres. On s'explique très bien qu'il doive en être ainsi, par ce fait que les produits à osmoser arrivent par des tubes en cuivre ayant généralement 20 millimètres de diamètre, soit une section de 314 millimètres carrés, et que la distribution dans les cadres se fait par des petits tubes en cuivre ayant 6 millimètres de diamètre, soit une section de 28 millimètres carrés. Si l'on considère ces deux nombres, on voit que la section de tubes d'arrivée correspond à onze fois seulement la section particulière des tubes de répartition dans les cadres. On voit donc que s'il s'agit par exemple d'un osmogène à 51 cadres, un certain nombre d'entre eux recevront les matières d'une façon tout à fait irrégulière.

Comme nous l'avons dit, le système Selwig et Lange régularise en partie cette répartition par la disposition spéciale consistant à faire entrer les produits à osmose d'un côté de l'appareil et à faire sortir de l'autre les produits osmosés.

Pour arriver à régulariser complètement la répartition des matières, M. Daix fait varier le diamètre des tubes répartiteurs. Ainsi les premiers tubes placés à l'entrée de l'appareil ont par exemple 5 millimètres de diamètre, les suivants,



ceux du milieu, 6 millimètres, enfin ceux de l'extrémité, 7 millimètres. Cette disposition assure une régularisation parfaite dans toute la longueur de l'appareil.

Le deuxième moyen employé par ce constructeur consiste à alimenter les cadres, non plus par un seul, mais par deux ou trois conduits parallèles et très rapprochés. Le premier alimente directement la première moitié ou le premier tiers des cadres; le deuxième conduit alimente le deuxième tiers, et le dernier le troisième tiers.

Dans cet osmogène représenté figure 118, la marche de la mélasse et de l'eau se fait méthodiquement, comme nous l'avons indiqué précédemment, l'eau agissant sur de la mélasse de moins en moins osmosée. De plus, la répartition de l'eau et de la mélasse dans chaque cadre se fait uniformément par l'emploi de tubes de dimensions différentes.

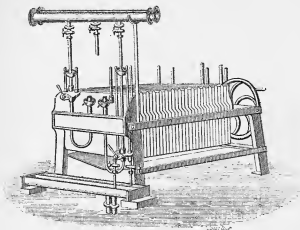


Fig. 118.

Le changement de marche de l'appareil et l'intervention du courant se font facilement par la simple manœuvre de deux robinets.

Aux extrémités de chaque conduit sont des tubulures fermées par des bouchons filetés permettant le nettoyage facile des conduits et des cadres.

La forme générale est celle d'un filtre-presse; les manœuvres de serrage et de desserrage se font à l'aide d'une simple vis.

La marche de l'eau et de la mélasse est contrôlée constamment par des indicateurs de niveau.

Enfin, le nombre des tubes d'air est augmenté; il y en a quatre à l'avant et quatre à l'arrière.

En résumé, la pratique rationnelle du procédé de l'osmose peut amener à la suppression de la mélasse par un ensemble d'opérations qui sont les suivantes :

1° L'osmose forte permettant de relever le coefficient salin de la mélasse à 10 au minimum;

2° L'emploi d'un osmogène évaporateur à double osmose avec les perfectionnements que nous avons signalés;

3° La réosmose des mélasses d'exosmose ayant pour but la régénération de la mélasse d'exosmose et l'extraction des sels ;

4° La rentrée dans le mélasse ordinaire de la mélasse régénérée pour être soumise à l'osmose perfectionnée dans le but d'en relever le coefficient salin ;

5° La cuite en grains des mélasses ainsi osmosées ;

6° La rentrée successive et indéfinie des mélasses provenant du turbinage des masses cuites en grains ainsi osmosées ;

7° La transformation des sels de potasse contenus dans la mélasse saline d'exosmose, en azotate de potasse.

Nous donnons ci-dessous à titre de renseignement intéressant, les chiffres de fabrication, dépenses et recettes relevés dans une fabrique française pendant une des dernières campagnes, établissant le prix de revient pour le sucre obtenu des sirops d'égout de second jet par deux osmoses successives avec évaporation des eaux d'exosmose, cristallisation des sels et réosmose des mélasses d'exosmose en vue de l'extraction des sels et de la régénération de la mélasse d'exosmose à l'état normal.

Les appareils employés étaient quatre osmogènes de 100 cadres ayant fonctionné cinquante-six jours :

	KILOG.	FRANCS
Mélasse . . . . .	359.711 à 14 fr., soit . . .	50.359
Charbon . . . . .	448.000 à 15 fr., soit . . .	6.720
Papier parchemin . . . . .	4.800 feuilles à 0,33, soit . .	1.584
Main-d'œuvre . . . . .		2.914
Turbinage. . . . .		700
Ficelle. Huile. Suif . . . . .		550
Eclairage. . . . .		600
Noir. Usure. Entretien. . . . .		1.750
Dépenses. . . . .		<u>63.177</u>

A déduire, produits (sans le sucre) :

	KIL.	FR.	FR.
Mélasse d'osmose normale . . .	176.183 à 14 ..	24.666	
Mélasse d'exosmose régénérée. .			
Sels d'exosmose. . . . .	11.998 à 22	2.640	
Mélasse saline d'exosmose . . .	85.563 à 6,5	5.562	
A déduire . . . . .		<u>32.868</u>	
Reste net pour les dépenses . . . . .		32.309	

Quantité de sucre extrait :

	KIL.	FR.	FR.
En troisième jet . . . . .	67.591 à 60	40.554	
En quatrième jet. . . . .	31.921 à 59	18.833	
Totaux. . . . .	<u>99.512</u>	<u>59.387</u>	

Prix de revient par 100 kilogrammes de sucre : 32 fr. 50.

## DEUXIÈME GROUPE

## PROCÉDÉ LAIR

Dans le procédé Lair, on forme par le mélange direct de la mélasse avec un lait de chaux très épais convenablement dosé, un sucrate de chaux qui fait prendre en masse tout le mélange, emprisonnant ainsi tous les éléments étrangers. Dans cet état, l'insolubilité du sucrate de chaux formé est dans certaines conditions relativement assez faible pour que l'on puisse, par macération, le laver et entraîner une très grande partie des matières étrangères.

On peut alors décomposer le sucrate par l'acide carbonique et reconstituer ainsi un sirop suffisamment pur pour en obtenir du sucre par concentration et cristallisation.

## PROCÉDÉ OU SÉPARATION STEFFEN

Nous avons dit que le sucre formait avec la chaux diverses combinaisons les unes solubles, les autres insolubles.

La combinaison insoluble la plus intéressante est le sucrate tribasique de chaux qui peut se former dans diverses circonstances. Si, par exemple, on ajoute de la chaux vive éteinte ou sous forme de lait à une solution sucrée et qu'on fasse bouillir, il se précipite un sucrate tribasique d'autant plus insoluble que la température est plus élevée. Mais dans ces conditions, on ne peut jamais précipiter tout le sucre; il ne s'en sépare qu'une partie, et c'est sur ce principe qu'ont été fondés une série de procédés d'extraction du sucre des mélasses depuis 1838, époque à laquelle remontent les premiers travaux de M. Peligot sur la question, jusqu'au premier procédé Steffen désigné sous le nom de *substitution*.

Le sucrate tribasique prend naissance également au sein d'une liqueur sucrée froide dans laquelle on ajoute de la poudre de chaux. C'est sur ce principe qu'est basé le *nouveau procédé Steffen* appelé *séparation* et qui va nous occuper.

Il suffit pour précipiter le sucre des mélasses par ce procédé de projeter de la chaux en poudre dans une solution de mélasse refroidie à une certaine température, d'agiter et de séparer le sucrate précipité, au moyen d'un filtre-pressé.

Dans ce but, on pèse la mélasse à traiter, puis elle est étendue d'eau et dirigée dans un appareil nommé réfrigérant et destiné à opérer son mélange avec la chaux. Ce réfrigérant est un grand cylindre ressemblant à une caisse de triple effet. Intérieurement, on a disposé une série de tubes autour desquels circule de bas en haut de l'eau froide destinée à maintenir la température à un certain degré. Pour faciliter le mélange, une hélice centrale est animée d'un mouvement de rotation. Le devant de l'appareil est garni d'une série de glace permettant de surveiller l'opération.

La chaux destinée à précipiter le sucre de la mélasse doit être de bonne qualité, cuite à point, et réduite en poudre fine. Les morceaux triés sont envoyés dans un concasseur analogue à celui représenté figure 119, appareil qui peut

également servir à concasser le coke employé dans la fabrique. La chaux est ensuite réduite en poudre dans un moulin, puis tamisée. Avant de l'employer, on s'assure que la chaux est froide.

Entre le réservoir à chaux et le réfrigérant se trouve un appareil mesureur. Chaque addition de chaux pèse de 12 à 22 kilogrammes.

Pour un même mesureur, le poids de la chaux peut varier :

- 1° Avec la qualité de la chaux;
- 2° Avec la finesse de la poudre;
- 3° Avec la hauteur de la chaux dans l'entonnoir;
- 4° Avec le temps mis entre chaque addition.

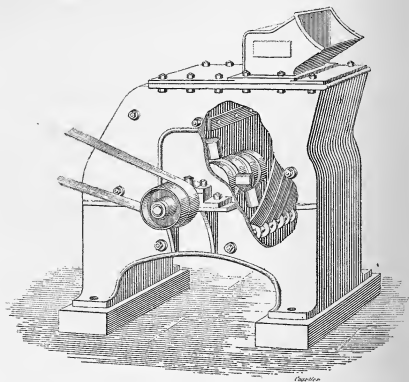


Fig. 119.

La densité de la mélasse à son entrée dans le réfrigérant est vérifiée, puis l'ouvrier introduit de la chaux. Dès que la température s'est élevée de 1 ou 2 degrés, on fait une seconde introduction de chaux, et ainsi de suite.

La quantité de chaux est suffisante, lorsque la densité ne varie plus, généralement elle baisse de moitié pendant le cours de l'opération qui peut en moyenne présenter les phases suivantes :

Mélasse pesée . . . . .	250 kilogrammes
Degrés de la solution avant la chaux . .	12 degrés
Degrés de la solution après la chaux . .	5 —
Température de la solution . . . . .	16 —
Température de l'eau à refroidir . . . .	10 —
Douze additions de chaux au total . . .	150 kilogrammes
Durée de l'opération . . . . .	45 minutes

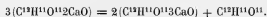
Un réfrigérant peut facilement traiter 250 kilogrammes par heure, soit 6.000 kilogrammes par vingt-quatre heures.

Le sucrate est alors envoyé aux filtres-presses. L'emplissage dure deux ou trois minutes; aussitôt après on procède au lavage qui dure de deux à six minutes suivant que le tourteau est plus ou moins compact.

Après avoir été lavé, le sucrate est recueilli dans une nochère située au-dessous de chaque filtre-presses et conduit dans un malaxeur servant de réservoir, puis il est utilisé dans la fabrique pour la purification du jus brut de betteraves.

#### PROCÉDÉ LEFRANC

Ce procédé repose sur deux réactions. La première consistant dans la précipitation des  $\frac{2}{3}$  du sucre par la réaction de M. Peligot :



On forme donc tout d'abord du sucrate bibasique soluble à froid, lequel à la température de l'ébullition se transforme en sucrate tribasique insoluble que l'on recueille dans les filtres-presses. Il reste dans les eaux mères  $\frac{1}{3}$  du sucre primitivement contenu dans la mélasse.

La seconde réaction consiste dans la récupération du  $\frac{1}{3}$  de sucre restant par l'addition après sa saturation par la chaux de chlorure de calcium qu'on décompose ensuite par la soude :



La mélasse est d'abord diluée avec les eaux de lavage du sucrate. On la sature de chaux et on sépare par filtration l'excès de chaux non combinée.

Le liquide clair est porté à l'ébullition et le sucrate de chaux se précipite à l'état tribasique. On le sépare aux filtres-presses; le liquide qui s'écoule constitue les eaux mères.

Ces eaux mères sont refroidies à 20 degrés dans un jeu d'orgues avec circulation d'eau froide. On les chauffe à nouveau, puis on filtre l'excès de chaux. Le liquide clair va dans une chaudière à chauffer. Le chlorure de calcium est alors ajouté, la température est portée à 70 degrés, et le chlorure est décomposé par son équivalent de soude caustique; on porte aux filtres-presses.

Le sucrate obtenu par ces deux opérations tombe dans une vis d'Archimède où on le mélange avec de l'eau bouillante. Le lait ainsi formé est filtré; les eaux de lavage refroidies à 20 degrés servent à la dilution de la mélasse à traiter.

Enfin le sucrate lessivé est mélangé avec un excès de chaux et employé au chaulage des jus.

### TROISIÈME GROUPE

#### PROCÉDÉ DUBRUNFAUT, LEPLAY, A LA BARYTE

Dubrunfaut fut le premier qui démontra que la presque totalité du sucre contenu dans la mélasse était identique au sucre ordinaire.

Le procédé Rousseau avait vulgarisé déjà la connaissance du sucrate de chaux, lorsque en 1850 Dubrunfaut mit en présence de la mélasse chauffée et suffisamment étendue d'eau, avec une dissolution bouillante de baryte caustique, et obtint un abondant précipité de sucrate de baryte presque chimiquement insoluble dans l'eau; lequel précipité lavé et décomposé par l'acide carbonique donna, d'une part, du carbonate de baryte, et de l'autre, un jus sucré qui, travaillé par les procédés ordinaires, fournit finalement du sucre identique au sucre ordinaire.

L'ensemble des opérations du procédé barytique peut se résumer ainsi :

- 1° Fabrication de la solution barytique;
- 2° Formation du précipité de sucrate de baryte;
- 3° Lavage du précipité pour le débarrasser des eaux mères contenant tous les salins de la mélasse;
- 4° Décomposition par l'acide carbonique, du sucrate de baryte, suffisamment additionné d'eau et fabrication en grand de l'acide carbonique;
- 5° Extraction du jus sucré par sa séparation d'avec le carbonate de baryte formé;
- 6° Débarytation des jus;
- 7° Filtration, cuite, etc...;
- 8° Débarytation des eaux mères;
- 9° Concentration et incinération des eaux mères; fabrication de la potasse brute;
- 10° Revivification du carbonate de baryte artificiel formé ou sa transformation en baryte caustique;
- 11° Opération accessoire, consistant à convertir partie de la potasse brute en potasse caustique dans le cas le plus ordinaire, celui où l'on s'adresse au sulfate de baryte pour fabriquer la dissolution barytique, laquelle est alors du sulfure de baryum.

Nous ne pouvons entrer dans le détail de ces diverses opérations, mais nous ferons seulement remarquer l'élégance de ce procédé qui, prenant la mélasse, en retire le sucre d'un côté, les salins de l'autre, n'en abandonnant que l'eau, et cela au moyen d'un agent qui se reproduit lui-même par les procédés de fabrication.

#### EMPLOI DE LA BARYTE ET DU PHOSPHATE D'AMMONIAQUE

On peut combiner l'action de ces deux réactifs, soit pour le traitement des mélasses, soit pour l'épuration ordinaire des sirops.

La baryte introduite dans la chaudière représentée figure 120, en proportion équivalente à la quantité d'acides minéraux ou organiques qu'il s'agit d'éliminer, s'empare de ces acides et forme avec eux un précipité insoluble.

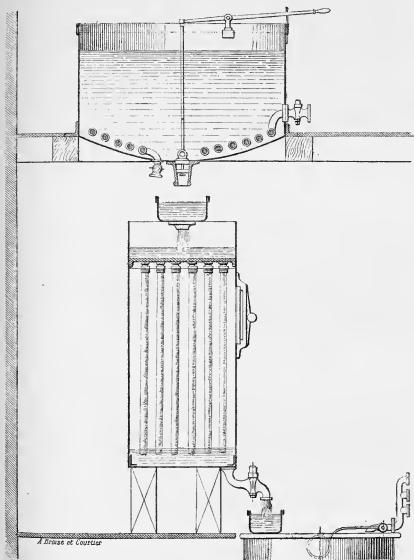


Fig. 120.

Le phosphate basique d'ammoniaque jeté d'autre part dans la chaudière, à raison de 2 litres à 10 degrés Baumé par kilogramme de baryte employé, forme avec la chaux, un précipité de phosphate de chaux insoluble.

Après l'introduction de la baryte et du phosphate, on porte à l'ébullition, puis on envoie sur des filtres Taylor.

Il est essentiel de n'employer qu'absolument purs, la baryte et le phosphate basique d'ammoniaque dont on doit éviter l'excès, ce que l'on peut vérifier rapidement à l'aide de l'acide sulfurique et du chlorure de calcium.

En dehors de l'épuration chimique, la baryte et le phosphate d'ammoniaque opèrent au sein de la liqueur sucrée une clarification mécanique préférable à celle obtenue en raffinerie par le sang et le noir fin.

Les précipités barytiques et le phosphate de chaux se formant au sein du liquide sucré, ont la propriété comme tous les précipités à l'état naissant, d'entraîner avec eux une quantité considérable de matières gommeuses albuminoïdes et gélatineuses qui restent dans les dépôts.

Dans la pratique de ce procédé, il est important que la densité des sirops ne dépasse pas 32 degrés Baumé pour pouvoir filtrer facilement, une fois la clarification opérée.

#### PROCÉDÉ SCHEIBLER, A LA STRONTIANE

La strontiane peut former avec le sucre différentes combinaisons. Nous citerons :

1° *Le sucrate monobasique de strontiane.* — Ce corps se forme à basse température 15 à 20 degrés. Après un repos de quelques heures, il se prend en masse gélatineuse qui indique que sa formation est complète.

Sa composition est la suivante :

Sucre . . . . .	63,86
Strontiane . . . . .	19,33
Eau . . . . .	16,81
	<hr/>
	100,00

2° *Le sucrate bibasique de strontiane.* — Ce sucrate diffère du premier en ce qu'il se forme à la température de l'ébullition. Cette opération très rapide dure à peine une demi-heure.

Sa composition est la suivante :

Sucre . . . . .	46,90
Strontiane . . . . .	28,30
Eau . . . . .	24,80
	<hr/>
	100,00

Les résultats du procédé qui nous occupe dépendent de la formation de ces deux sucates.

Les opérations sont les suivantes :

1° Formation d'un sucrate monobasique de strontiane;

2° Séparation du sucrate monobasique de strontiane, des impuretés; et lavage du sucrate;



- 3° Travail des impuretés pour en extraire le sucre ;
- 4° Séparation de la strontiane en excès ;
- 5° Travail du sucrate monobasique pour en extraire le sucre ;
- 6° Revivification de la strontiane.

#### **Formation du sucrate monobasique de strontiane. —**

Ce sel s'obtient à froid. Pour le préparer on ajoute l'hydrate de strontiane à une solution froide de mélasse sans cesse agitée, la combinaison se forme peu à peu, mais elle n'est complètement insoluble qu'à basse température. On emploie un essai de strontiane, de façon qu'après la séparation du sucrate, la lessive mère en renferme encore. Généralement, on pourra prendre un poids de strontiane en cristaux égal au sucre renfermé dans la mélasse.

#### **Séparation du sucrate monobasique de strontiane. —**

Le liquide s'est solidifié en une masse consistante qui, soumise à l'agitation, se liquéfie en une masse épaisse. Cette pâte contient un excès de strontiane, du sucrate monobasique et des impuretés. La séparation s'obtient au moyen de filtres-presses ; le sucrate se trouve retenu dans les toiles et les impuretés, s'écoulent par la partie inférieure des cadres. Lorsque ceux-ci sont suffisamment garnis, on fait subir aux tourteaux de sucrate un lavage à l'eau froide qui enlève les matières colorantes et les sels retenus dans le sucrate.

**Travail des impuretés. —** La solution contenant les impuretés est ajoutée aux eaux de lavage. On chauffe, puis on ajoute de la strontiane hydratée en cristaux à la température de l'ébullition. Cette température est maintenue jusqu'à ce que le sucre se soit séparé à l'état de sucrate bibasique, dont on reconnaît la présence à une formation granuleuse persistante.

Le sucrate bibasique se sépare de la partie liquide par simple décantation et rentre dans le travail sans autre préparation.

**Séparation de la strontiane en excès. —** Les eaux qui restent après la formation du sucrate bibasique contiennent un grand excès de strontiane qu'elles abandonnent en partie par simple cristallisation. Après un repos de quelques heures, la strontiane se dépose en cristaux contre les parois des bacs. Les pertes sont estimées à 8, à 10 p. 100 de la strontiane employée.

**Travail du sucrate monobasique. —** Le sucre peut en être extrait de diverses façons. On peut ajouter le sucrate dans le travail ordinaire d'épuration des jus de betteraves. Une masse liquide titrant 30 degrés Baumé est préparée, puis soumise à deux carbonatations successives. Le carbonate de strontiane est séparé par le filtre-pressé, et les tourteaux de strontiane sont soumis à un lavage, de façon à en recueillir tout le sucre.

**Revivification de la strontiane. —** Cette opération est importante. Le carbonate de strontiane est mis en briquettes de façon à faciliter la manutention des fours ; ces briquettes d'abord séchées sont ensuite soumises à la cuisson. Cette revivification demande environ quarante-huit heures.

En moyenne, des mélasses de raffinerie renfermant par 100 kilogrammes, 46 kilogrammes de sucre, fournissent par ce procédé 38 kilogrammes de raffiné, plus 8 à 10 kilogrammes d'une mélasse qui peut être vendue directement à cause de son bon goût.

## QUATRIÈME GROUPE

### PROCÉDÉ MARGUERITTE

L'idée de faire usage dans l'industrie sucrière des propriétés que possède l'alcool plus ou moins aqueux, de faire en quelque sorte une sélection entre les éléments complexes qui composent un sucre végétal, de dissoudre les uns et de séparer les autres, n'est pas nouvelle. Cette idée semble avoir été pour la première fois, indiquée par Derosne en 1811. Plus tard, Schutzenbach, se servit de l'alcool pour extraire le sucre des betteraves préalablement séchées et réduites en poudre. Depuis, M. Pesier, et enfin MM. Perier et Possoz, ont tenté sous des formes diverses une application industrielle de cette propriété de l'alcool. Mais le procédé le plus important est celui qui porte le nom de M. Margueritte.

Dans la mélasse étendue d'alcool suffisamment concentré, on précipite les bases par un acide. Après séparation des sels précipités, on détermine la précipitation directe, par cristallisation d'une grande partie du sucre contenu dans le mélange, en diminuant la solubilité du sucre par une nouvelle addition d'alcool au titre maximum du commerce. On obtient ainsi :

1° Des sels alcalins pour engrais ;

2° Du sucre pur ;

3° Une mélasse appauvrie, étendue d'alcool que l'on peut employer à la fabrication de l'alcool après avoir régénéré par distillation celui auquel elle se trouve mélangée.

Telle est la donnée générale de ce procédé. Il est fondé sur la très faible solubilité du sucre dans les liqueurs alcooliques concentrées, sur l'insolubilité des divers sulfates alcalins dans ces mêmes liqueurs, insolubilité plus grande que celle du sucre et sur la grande affinité de l'acide sulfurique pour les substances basiques qui se rencontrent dans la mélasse, affinité qui permet, en opérant avec une liqueur alcoolique à la température ordinaire et déterminant exactement d'avance par un dosage la quantité d'acide à employer, de précipiter ces bases à l'état de sels insolubles sans altérer le sucre.

La mélasse est diluée dans de l'alcool à 85 degrés ; on prend 1 kilogramme de mélasse par litre d'alcool. Puis on mélange cette solution à l'acide sulfurique. Bien que, au degré alcoolique résultant du mélange indiqué, la totalité du sucre contenu dans la liqueur ne puisse y rester en dissolution, il y demeure cependant un certain temps sans cristalliser par suite d'un état particulier de sursaturation, tandis que les sulfates se précipitent immédiatement. Une filtration rapide permet donc d'éliminer ceux-ci avant que le sucre commence à se précipiter à son tour ; on ajoute alors pour augmenter encore l'insolubilité du sucre

dans la liqueur, un nouveau volume d'alcool égal au premier, mais au titre de 95 degrés. Il suffit d'abandonner la liqueur à elle-même, pour qu'au bout d'une douzaine d'heures, il se soit précipité 70 à 75 p. 100 du sucre contenu dans la mélasse primitive.

On peut accélérer la précipitation du sucre en introduisant dans la liqueur, au moment où l'on veut déterminer la cristallisation, une certaine quantité de sucre en cristaux que l'on retire intact avec celui qui provient de la mélasse et qui sert de centre de cristallisation et d'amorce pour le dépôt des molécules de sucres abandonnées par la dissolution.

Le précipité est ensuite recueilli et lavé à l'alcool; ce dernier est évaporé et l'on obtient d'un côté le sucre pur, de l'autre une liqueur alcoolique contenant tous les éléments non séparés de la mélasse et pouvant donner après régénération de l'alcool, une mélasse appauvrie susceptible d'être employée elle-même à la fabrication de l'alcool.

Les mélasses employées ne doivent pas contenir de cristaux déjà formés qui détermineraient un précipité prématuré et par suite, une perte de sucre en mélange avec les sulfates. Si donc, par un examen à la loupe, on constate leur présence, il faut les détruire en les refondant.

Le degré de concentration le plus convenable et le plus avantageux paraît se trouver aux environs de 45 degrés Baumé.

Les températures des matières employées ne doivent être ni trop hautes, ce qui déterminerait une altération du sucre par l'acide; ni trop basses, ce qui pourrait amener une précipitation prématurée du sucre dans la liqueur. Il faut que le mélange de dépasse pas 25 à 30 degrés centigrades et ne s'abaisse pas au-dessous de 15 à 20 degrés.

Nous arrêterons là les considérations que nous avons cru devoir présenter sur ce procédé, pour étudier maintenant ceux qui constituent le cinquième groupe.

## CINQUIÈME GROUPE

Le procédé de l'éluion fut appliqué pour la première fois, il y a vingt-cinq ans, par Scheibler, en Allemagne. Dans ce mode de traitement, la mélasse, concentrée à 43 degrés Baumé, est mélangée avec de la chaux vive réduite auparavant en poudre fine. Cette opération s'opère au moyen de meules semblables à celles des huileries.

Le mélange, après avoir été versé dans des caisses, s'échauffe au bout de peu de temps jusqu'à 125 degrés en augmentant considérablement de volume et en formant après refroidissement une masse ressemblant à de la pierre ponce. Cette masse est un sucrate de chaux impur ou autrement un mélassate de chaux; on la réduit en morceaux gros comme des noisettes, que l'on introduit dans des vases cylindriques nommés *éluteurs*, dont la forme ressemble à celle des diffuseurs.

Le sucrate impur est épuisé dans ces éluteurs au moyen d'alcool à 65 degrés, puis lavé avec de l'alcool à 28 degrés. Le lavage demande quatre jours. On fait alors arriver un courant de vapeur pour chasser l'alcool imbibant le sucrate, et

il reste dans l'éluteur du sucrate de chaux très pur, qui peut être employé au lieu de lait de chaux pour la défécation des jus.

Le liquide qui sort des éluteurs est distillé pour en extraire l'alcool, lequel peut servir pour une nouvelle opération. Les eaux qui restent après ce traitement peuvent former un excellent engrais.

#### PROCÉDÉ MANOURY

En principe, ce procédé consiste à former avec la mélasse et la chaux hydratée en poudre un mélange intime, dans lequel le sucre entre en combinaison avec la chaux en donnant un sucrate de basicité variable, mais généralement comprise entre 4 et 6 équivalents de base pour 1 de sucre. La basicité du sucrate formé dépend de la composition de la mélasse travaillée et de celle de la chaux employée. Le mélange de la mélasse à 43 degrés Baumé avec la poussière d'hydrate de chaux se fait dans un appareil dit mélangeur complètement clos, et dans lequel la mélasse se trouve divisée par un agitateur en gouttelettes qui s'unissent à la chaux pour donner un sucrate solide, sablonneux, ayant la grosseur des grains de blé et prêt à subir le lavage à l'alcool dès qu'il a été débarrassé par le tamisage de la poussière de chaux en excès qui se trouve entre les grains.

A cet effet, le sucrate solide venant du mélangeur est conduit dans un bluteur à la sortie duquel on recueille le sucrate en grains, tandis que l'excès de poussière retourne au mélangeur.

Toute la manipulation se fait mécaniquement dans des appareils clos.

Le sucrate brut peut être considéré comme formé d'un squelette de sucrate de chaux pur auquel se trouve intimement incorporé un mélange formé par le non sucre de la mélasse et par la chaux.

Ce sucrate ou mélassate en grains est soumis à un lessivage méthodique à froid, par de l'alcool à 45 degrés dans des *éluteurs*. En présence de l'alcool, le sucrate tribasique est très peu attaqué, tandis que les sels et les matières organiques de la mélasse se dissolvent.

Quand le lessivage est terminé, on a transformé chaque grain de sucrate en un mélange de sucrate de chaux et de chaux libre en excès. Ce mélange est débarrassé de l'alcool, qu'il retient encore, par une distillation effectuée dans l'éluteur même et, après cette opération, il sert à l'épuration des jus de betterave.

Avec un nombre d'éluteurs suffisant, c'est-à-dire quatre pour 10.000 kilogrammes de mélasse travaillés en vingt-quatre heures, on peut régler à volonté la pureté du sucrate.

Les alcools de lavage chargés des impuretés de la mélasse sont distillés dans une chaudière, et l'alcool, ainsi régénéré, retourne incessamment en fabrication. Le résidu de la distillation ou vinasse, marque 15 à 20 degrés Baumé et peut donner avec peu de dépense soit des salins de potasse soit un engrais concentré.

La perte en sucre dans ce procédé est de 3 à 4 p. 100 du poids de la mélasse travaillée.

## PROCÉDÉ WEINRICH

Ici, la chaux est éteinte avec autant d'eau que le permet la combinaison chimique, puis elle est réduite en poudre fine et mélangée avec de la mélasse réchauffée préalablement à 100 degrés. On emploie environ 55 parties de chaux sèche pour 100 parties de sucre contenues dans la mélasse.

Le mélange s'opère dans un appareil spécial muni d'un agitateur et qui est réchauffé constamment par de la vapeur. Puis la masse, qui a la consistance d'une pâte épaisse et chaude, est introduite dans une caisse où elle se refroidit en formant une masse dure et compacte. Les blocs sont cassés à coup de hache. Les morceaux sont ensuite ramenés dans un concasseur à la grosseur d'une noix, puis réduits en poudre fine et tamisés.

Le mélassate est ensuite introduit dans un appareil fermé muni d'un agitateur et rempli d'alcool. Après une agitation d'une demi-heure, le mélange est évacué dans un éluteur horizontal.

On continue de laver le sucrate impur par de l'alcool à 50 degrés en s'arrêtant au moment où l'alcool marque la même densité à la sortie qu'à l'entrée.

L'alcool provenant de ce lavage passe dans le mélangeur, puis rentre dans le travail.

Toute l'élu­tion dure environ un jour et demi.

Le sucrate, encore imbibé d'alcool, est soumis à une distillation dans l'élu­teur même.

Les frais de fabrication peuvent monter à 4 francs par 100 kilogrammes de mélasse travaillée.

## PROCÉDÉ DREVERMANN

Très distinct des précédents, en ce sens qu'il n'a pas recours à l'élu­tion mais à un simple lavage à l'alcool.

On délaie la mélasse dans de l'alcool dilué, et on ajoute un mélange de chaux vive réduite en poudre et d'alcool plus concentré, de façon à former avec l'eau contenue dans la mélasse de l'alcool à 36 degrés environ.

L'alcool absorbe à une température modérée tout le sucre de la mélasse sans qu'on puisse constater une augmentation notable de chaleur. On continue d'agiter le mélange pour le refroidir un peu et pour donner au sucrate la forme de grains fins. Puis, on passe le tout aux filtres-presses, et on épuise le sucrate formé par une faible solution d'alcool. Le liquide alcoolique, sortant en premier lieu, est soumis à une distillation pour en extraire l'alcool et pour pouvoir utiliser le reste comme engrais. Le liquide suivant, plus faible, sert à préparer de nouvelles quantités de sucrate.

Le sucrate de chaux épuisé est mélangé avec de l'eau, puis on injecte de la vapeur pour chasser l'alcool encore adhérent et pour liquéfier le sucrate. Celui-ci est ensuite envoyé à la défécation.

## PRÉCIPITATION SOSTMANN

Dans un récipient mélangeur, on introduit 50 hectolitres d'alcool à 80 degrés, puis 5.000 kilogrammes de mélasse mélangée à une solution aqueuse de chlorure de calcium 100 kilogrammes et à un lait de chaux 50 kilogrammes.

Ce mélange est ensuite saturé par l'acide carbonique jusqu'à neutralité complète. Un précipité se dépose, il est composé de carbonate de chaux mêlé à des substances gommeuses et colorantes et à certains sels insolubles dans l'alcool; on le passe aux filtres-presses. Les tourteaux d'écumes sont épuisés avec de l'alcool pour en extraire le sucre et les eaux de lavage sont renvoyées dans la mélasse.

La solution de mélasse purifiée et claire, qui provient des filtres-presses, est mélangée dans un appareil clos avec une solution alcoolique de chaux. Un petit réfrigérant surmontant l'appareil sert à condenser les gaz et vapeurs alcooliques. Une pompe aspire le mélange, le refoule au travers d'un condenseur d'où il revient au mélangeur, et ainsi de suite jusqu'à ce que la température atteigne 25 degrés. Le sucrate de chaux se sépare ainsi presque complètement. On laisse refroidir pendant cinq heures, puis on refoule dans les filtres-presses où l'on épuise avec de l'alcool à 15 degrés et finalement avec de l'alcool à 35 degrés.

Le sucrate de chaux, qui constitue les tourteaux des filtres-presses, est encore imbibé d'alcool. On extrait ce dernier au moyen de l'air comprimé et le sucrate pur passe à la défécation.

Le coefficient de sucre ainsi obtenu peut atteindre 90 p. 100.

En général le seul emploi rationnel des eaux chargées de sel données par l'élimination est celui d'engrais pour l'agriculture.

L'alcool qui résulte de la distillation des lessives alcooliques contient toujours une forte quantité d'ammoniaque ou d'amides divers. Pour l'en débarrasser, on peut employer un courant d'acide carbonique ou mieux l'acide sulfurique. Il se forme un précipité de sulfate d'ammoniaque.

Après en avoir retiré le liquide et l'avoir chauffé légèrement, le sulfate d'ammoniaque se trouve entièrement débarrassé d'alcool.

## PROCÉDÉ SEYFERTH

Pour terminer cette étude, nous croyons devoir donner ici quelques indications sur l'emploi de l'acide sulfureux dans l'épuration des sirops. Ce procédé a été perfectionné par Seyferth.

L'appareil servant à la fabrication de l'acide sulfureux est très simple. Le soufre est brûlé dans un fourneau; une certaine quantité d'eau se mélange aux produits de la combustion, et la solution très faible d'acide sulfureux qui en résulte est reçue dans des tonneaux.

Cette dissolution arrive par aspiration directement dans l'appareil à cuire par un petit tuyau qui descend au fond de l'appareil. Le cuiseur, pendant qu'il laisse entrer l'acide sulfureux, prend de temps en temps un échantillon pour le mettre en contact avec un papier réactif. Il a soin que la réaction alcaline persiste toujours, et si elle s'affaiblit, il ferme l'arrivée de l'acide.

Cet acide agit sur les alcalis et produit une décoloration notable du sucre. Il n'entre pas seulement en dissolution avec les alcalis libres et les carbonates de chaux, mais il chasse en outre les acides organiques, les expulse des sels qu'ils forment avec les alcalis et prend leur place. La plupart de ces acides organiques s'évaporent et sont ainsi entraînés par la vapeur d'eau dans l'ébullition de la cuite, de sorte qu'on parvient en même temps à éliminer par ce procédé une quantité considérable d'acides organiques.

La cristallisation est ainsi facilitée par la disparition de ces matières nuisibles.

#### INFLUENCE DE LA MAGNÉSIE DANS LA FABRICATION

La présence de la magnésie en proportions importantes dans le calcaire employé à la fabrication du sucre, peut souvent exercer une action nuisible.

En effet, la magnésie est soluble en faibles proportions dans les solutions sucrées, mais n'est pas précipitable par l'acide carbonique. Cette solubilité augmente par le temps de contact, par une élévation de température et par la présence d'une certaine quantité de chaux.

La magnésie formée au sein d'un liquide sucré est plus soluble que la magnésie déjà précipitée et calcinée. Enfin les solutions sucrées contenant de la chaux et de la magnésie, ne renferment plus traces de chaux après la carbonatation, mais le liquide filtré contient de la magnésie et de l'acide carbonique en notables proportions.

Or, c'est précisément cette magnésie plus ou moins carbonatée qui se dépose au fur et à mesure de l'évaporation.

La magnésie restée soluble dans les jus sucrés, non seulement augmente la quantité de cendres dans les sucres, mais nuit considérablement à l'évaporation.

Il est probable que c'est là la raison qui a empêché le procédé d'épuration des jus à la magnésie de se répandre industriellement et de donner de bons résultats.

Nous terminerons là l'examen que nous avons fait des procédés divers de fabrication du sucre ou d'épuration des sirops et des mélasses.

Comme nous l'avons dit précédemment, beaucoup d'autres tentatives ont été faites, mais le cadre de cette étude est trop restreint pour que nous puissions en donner une idée même sommaire; nous pensons d'ailleurs avoir cité dans ce qui précède tous les principaux efforts tentés jusqu'ici dans cette voie.

Avant de passer au raffinage proprement dit du sucre, nous dirons quelques mots des rendements et des pertes observées dans la fabrication.

#### RENDEMENTS ET PERTES DANS LA FABRICATION DU SUCRE

D'après M. Riffart, on peut résumer ainsi les résultats d'une série d'observations sur le traitement des betteraves.

**1<sup>re</sup> Râperie. — Préparation des jus.** — 24 millions de kilogrammes de betteraves ont donné à la presse hydraulique 213.411 hectolitres de jus, sur lequel des analyses journalières ont fourni les indications suivantes :

	JUS AVEC EAU	JUS SANS EAU
Densité à 15 degrés. . . . .	1,0434	1,0503
Sucre par hectolitre. . . . .	8,2810	9,4430
Coefficient de pureté, * . . . .	0,7420	0,7220
Valeur proportionnelle . . . .	6,1450	6,8200
Eau p. 100 . . . . .	89,3300	87,5500
Sucre p. 100 . . . . .	7,9200	8,9900
Matières étrangères p. 100. .	2,7500	3,4600

Le sucre extrait est  $243.441 \times 8.281 = 1.767.256$  kilogrammes.

La richesse de la betterave ressort donc à :

$$\frac{100 \times 1767256}{24000000} = 7,369 \text{ p. 100.}$$

Il était sorti de l'atelier 3.083.000 kilogs de pulpe renfermant 5 p. 100 de sucre, soit un total de 259.278 kilogs représentant une perte de  $\frac{259278 \times 100}{24000000}$  ou 1 p. 100.

La richesse saccharine de la betterave était donc réellement

$$7,363 \times 1,08 = 8,443.$$

**2° Défécation. Traitement des jus.** — Les écumes de défécation, formées de 43,58 d'eau et 54,42 de substances sèches, étaient dans la proportion de 8<sup>11</sup>,50 par 100 kilogrammes de betteraves.

Le poids total  $24.000.000 \frac{8.5}{100} = 2.040.798$  kilogrammes, renfermant 2,25 p. 100, soit 45.902 kilogrammes de sucre. Cette perte représente  $\frac{45,902 \times 100}{24000000} = 0,19$  p. 100 du poids des betteraves.

Comparativement à un hectolitre de jus, cette perte est indiquée par le tableau suivant :

SUCRE RENFERMÉ DANS UN HECTOLITRE		
		Kilog.
Jus de la râperie . . . . .		8,281
Jus carbonatés. . . . .	6,669	} 8,069
Eau d'égouttage du filtre-presse. . . .	1,400	
Perte par hectolitre de jus provenant des écumes .		0,212

**3° Filtration.** — La filtration du jus amène une augmentation de densité, mais d'un autre côté aussi une certaine perte de sucre à cause de la grande faculté d'absorption du noir. Les dernières eaux de lavage qui sont jetées retiennent toujours des quantités assez sensibles de matière sucrée que plusieurs dosages indiquent être les suivantes :

	GR.
Maximum. . . . .	18,80 par litre
Minimum . . . . .	17,50 —
Moyenne . . . . .	18,15 —



A chaque lavage on a jeté environ 27 hectolitres d'eau; le nombre de filtres employés étant de 322, il y a donc une perte totale de

$$2700 \times 0,01813 \times 322 = 15778 \text{ kilogrammes de sucre,}$$

soit

$$\frac{15.778 \times 100}{24000000} = 0^{\text{re}},0656$$

par 100 kilogrammes de betteraves. Le noir relevé des filtres contenait encore dans ce cas une proportion de sucre variant entre 0,7 et 1 p. 100.

**4° Évaporation.** — Les eaux d'évaporation et de condensation entraînent une quantité de sucre qu'il est difficile d'apprécier exactement. On peut l'évaluer approximativement comme suit :

	GR.
	—
Maximum . . . . .	2,95 par litre
Minimum . . . . .	1,46 —
Moyenne. . . . .	2,05 —

En comptant sur un volume d'eau de 5.000 hectolitres, on voit qu'il résulte de ce fait une perte de 688 kilogrammes pour la campagne ou de 0<sup>re</sup>,0028 par 100 kilogrammes de betteraves.

**5° Masse cuite.** — Le turbinage de la masse cuite donne 1.143.321 kilogrammes de sucre pur, soit 4,76 p. 100 du poids des betteraves et des mélasses renfermant 452.793 kilogrammes de sucre, soit 4,89 p. 100 des betteraves.

En rapprochant tous ces chiffres on peut se rendre compte d'une manière approximative de la perte totale dans une fabrication de ce genre.

D'autre part, nous donnons ci-dessous, d'après M. Dupont, un tableau indiquant la moyenne du travail dans vingt usines françaises fonctionnant avec le système de la diffusion pendant la campagne 1887-1888 :

		DE	A
		—	—
Betteraves . .	Densité du jus de la betterave en cours de fabrication .	6°,50	7°,45
	Sucre p. 100 de betteraves (analyse indirecte) . . . . .	12,00	14,20
	Degré de pureté du jus . . . . .	82,00	84,00
Jus de diffusion.	Jus extrait de 100 kilogrammes de betteraves (litres) .	145,00	175,00
	Densité moyenne. . . . .	4°,20	5°,40
	Degré de pureté. . . . .	79,00	85,40
Masse cuite, 1 <sup>re</sup> jet.	Masse cuite, 1 <sup>re</sup> jet pour 100 kil. de betteraves en litres.	8,66	10,66
	Masse cuite, 1 <sup>re</sup> jet pour 100 kil. de betteraves en poids.	13,00	16,00
	Sucre p. 100. . . . .	81,00	86,00
	Coefficient safin . . . . .	20,00	32,00
	Pureté . . . . .	85,00	91,00
	Alcalinité libre . . . . .	0,05	0,25
	Chaux totale. . . . .	0,03	0,13

Masse cuite, 2 <sup>e</sup> jet.	Masse cuite, 2 <sup>e</sup> jet pour 100 kil. de betteraves en litres.	4,39	5,40
	Masse cuite, 2 <sup>e</sup> jet, pour 100 kil. de betteraves en poids.	6,50	8,00
	Sucre p. 100. . . . .	68,00	72,00
	Coefficient salin . . . . .	8,60	11,00
	Purcté . . . . .	72,00	79,00
	Alcalinité . . . . .	0,11	0,47
	Chaux totale . . . . .	0,05	0,25
	Sucre 1 <sup>er</sup> jet pour 100 de betteraves, blanc. . . . .	6,10	8,40
	Sucre total pour 100 de betteraves en brut . . . . .	10,00	12,60
	Teneur des cossettes en sucre. . . . .	0,10	0,30
	Teneur des écumes épuisées en sucre . . . . .	0,45	1,70
	Pertes inconnues. . . . .	0,60	1,20

On remarque que les pertes inconnues sont considérables ; il y a là une anomalie que nous attribuerons, avec M. Dupont, à ce que la teneur saccharine des betteraves ne doit pas être calculée indirectement d'après l'analyse du jus.

Le dosage direct du sucre dans la betterave peut seul servir d'élément certain dans ce cas.

## 2<sup>e</sup> RAFFINAGE

Aucune question n'a plus préoccupé l'industrie du sucre que celle du raffinage en fabrique ou de la production directe des sucres blancs propres à la consommation.

Ce système de travail, qu'on retrouve à l'aurore de la fabrication, a même été pratiqué longtemps dans les colonies. Mais des dispositions légales et fiscales particulières ont longtemps empêché les fabriques de sucre de s'affranchir de la tutelle des raffineries proprement dites. De 1849 à 1852, il y eut un certain élan en faveur du raffinage en fabrique, et plusieurs fabriques-raffineries importantes furent fondées, mais la législation de 1852 vint arrêter cet élan et limiter le développement de cette branche d'industrie.

Quand on voit à quel point l'usage du sucre en grain ou en poudre est répandu à l'étranger, avec quelle facilité ce sucre se prête à tous les usages domestiques et combien il est beau lorsqu'il est bien fabriqué, on ne peut vraiment comprendre les préjugés qui le repoussent de nos tables.

Il faut en trouver l'explication dans les dispositions fiscales prises à l'égard du sucre en poudre ou en grains. Mais on s'apercevra tôt ou tard que c'est là une erreur économique. Car soumettre à la refonte un produit qu'un peu de noir et un tour de turbine de plus auraient rendu d'une pureté absolue est une perte réelle pour le public. Pourquoi remettre à la chaudière ces sucres, quand ils pourraient si aisément passer sur la table du consommateur ?

Depuis longtemps les fabricants de sucre d'Allemagne, d'Autriche, de Russie préparent de véritables sucres raffinés de qualité variable qu'ils livrent à la consommation. Le raffinage en fabrique prospère librement dans le nord de l'Europe ; il est la forme naturelle et logique de la production.

Quoi qu'il en soit, nous devons donner ici quelques détails sur le raffinage proprement dit du sucre, encore si répandu dans notre pays.

Le raffinage a pour but d'éliminer du sucre : le sable, la terre, les débris organiques, les matières colorantes, le sucre incristallisable, les matières azotées

et différents sels, quelques acides libres, malique, pectique, lactique, etc...; enfin les sucrates de potasse et de chaux.

#### CARACTÈRES EXTÉRIEURS DES SUCRES BRUTS

Ceux de bonne qualité se présentent sous forme de grains détachés d'une nuance claire ou blanchâtre, durs, secs et bien purgés de sirop. La réaction ne doit pas être acide ni trop alcaline.

Les différents sucres bruts se classent, sur nos ports, de la manière suivante :

1° Sucres claircés; 2° deuxième ordinaire; 3° belle troisième; 4° bonne troisième; 5° fine quatrième; 6° belle quatrième; 7° bonne quatrième; 8° quatrième bonne ordinaire; 9° quatrième ordinaire; 10° basse quatrième.

Ces qualités, très différentes les unes des autres, doivent être convenablement mélangées pendant le raffinage. On doit compenser l'acidité des uns par l'alcalinité des autres.

Le raffinage comprend les opérations suivantes :

Emmagasinage. — Dépotage et dégraissage des emballages. — Fonte du sucre brut. — Clarification et décoloration par filtrage. — Cuite. — Cristallisation au réchauffoir. — Mise en forme. — Egouttage. — Terrage ou clairçage. — Plamotage et lochage. — Etuvage et traitement des sirops.

**Emmagasinage.** — Le sucre brut est généralement emmagasiné dans une pièce sèche, aérée, dont le sol est en pente, afin que l'on puisse recueillir facilement le sirop qui s'écoule des sacs ou des barriques.

**Dépotage. Dégraissage.** — On procède ensuite au dépotage pour séparer les couches de sucre qui pourraient être altérées. Les barriques et caisses vides sont grattées puis soumises à l'action d'un jet de vapeur qui dissout les derniers restes de sucre. Le sirop ainsi formé s'écoule dans une rigole circulaire et se rend dans un réservoir spécial pour aller ensuite à la chaudière à fondre.

**Fonte et clarification.** — Le sucre, avant d'être fondu, est passé au crible.

La clarification se fait au moyen du noir animal en poudre fine et d'une matière coagulable par la chaleur, telle que le blanc d'œufs ou le sang. Les œufs, à cause de leur prix élevé, sont plus rarement employés.

Les chaudières où l'on fait la clarification sont semblables aux chaudières à déféquer que nous avons déjà décrites. Après avoir introduit le sucre et une quantité d'eau convenable pour amener le sirop à 32 degrés Baumé à la température de 40 degrés, on chauffe doucement et l'on ajoute du noir et du sang de bœuf. Le tout est brassé et chauffé à l'ébullition. Il se forme à la surface du bain une écume renfermant de l'albumine et de l'hématoglobuline coagulées où se trouvent emprisonnés le noir et les impuretés du sucre. La clarification est terminée quand cette écume est bien cohérente et détachée des parois de la chau-

dière. On laisse alors reposer vingt minutes et on passe aux filtres Taylor (fig. 121).

Si les sucres sont très impurs, on les mélange, avant de les dissoudre, avec du sirop étendu d'eau; on leur fait subir ensuite un turbinage et un clairçage. Ce mode d'opérer diminue beaucoup la quantité de noir nécessaire ensuite pour la décoloration.

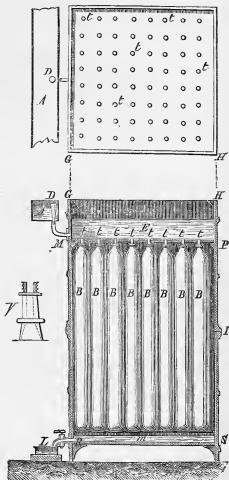


Fig. 121.

A la sortie des filtres Taylor, le sirop clarifié ou claircé est dirigé très chaud sur des filtres à noir en grains semblables à ceux que nous avons précédemment décrits. Dans cette filtration on achève la déco'ration qui avait été commencée par le noir fin.

La clairce doit surnager le noir, passer lentement au travers des filtres et s'écouler constamment; elle se réunit dans un réservoir d'où le vide opéré dans la chaudière à cuire l'extract au fur et à mesure des besoins.

La filtration est arrêtée dès que le noir ne décolore plus. Le filtre est alors lavé à l'eau bouillante.

**Cuite et cristallisation.** — La clairce décolorée arrive ensuite dans une chaudière à cuire dans le vide tout à fait semblable à celle que nous avons donnée pour la cuite en grains.

La direction de la cuite est la même. Les sirops concentrés sont versés dans les réchauffoirs, où l'on élève la température jusqu'à 80 degrés. Suivant la qualité des sucres, les degrés de cuite doivent varier. Plus les sirops sont impurs, plus la cuite doit être prolongée.

La cristallisation qui disparaît d'abord dans le réchauffoir reprend bientôt; on la régularise à l'aide du mouyage, puis la matière est versée à l'état pâteux dans les formes.

**Mise en forme. — Opalage.** — L'emplissage des formes à pain de sucre (fig. 122) se fait souvent à la main à l'aide de pots qui reçoivent le sucre provenant des chaudières; ce mode d'opérer présente des inconvénients; pour y remédier on peut employer un bassin locomobile chauffé à la vapeur pour

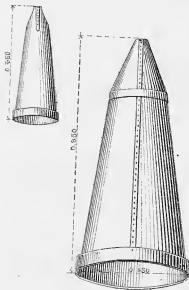


Fig. 122.

maintenir le sucre à une température convenable. Quelques minutes après le remplissage, on observe à la surface du pain une croûte cristalline qu'il faut détruire sans quoi la cristallisation serait irrégulière. C'est ce que l'on appelle *opaler* ou *mouyer*.

**Égouttage. — Clairçage.** — Après plusieurs heures de cristallisation

les formes sont montées dans des greniers dont la température est maintenue constamment égale à 30 degrés. Les ouvriers disposent les formes sur des lits de pains (fig. 123) qui sont des caisses en bois avec fond en zinc disposé en pente. Le sirop s'égoutte d'abord naturellement. Pour l'enlever complètement,

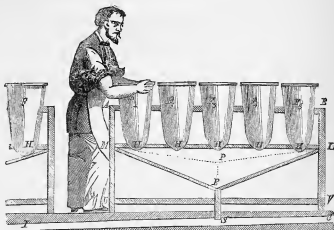


Fig. 123.

on soumet les pains à plusieurs clairçages successifs, puis on fait égoutter. Afin d'aller plus vite, on emploie la sucette; c'est un tuyau portant des tubulures garnies de robinets. Les pointes des formes sont placées sur les tubulures, et le vide qui peut être produit dans le tuyau par un aspirateur à vapeur surchauffée, système *Paul Charpentier*, enlève complètement les dernières traces de sirop.

**Plamotage. — Lochage.** — Les pains étant bien égouttés, leurs bases sont nettoyées ou *plamotées* à l'aide d'une machine spéciale, puis la masse étant bien solide, on *loche* les pains en frappant la forme sur un billot. Les débris sont refondus.

**Etuvage.** — Le pain qui sort de la forme est humide; on le sèche alors dans une étuve chauffée à 50 degrés. Le sucre est suffisamment sec lorsqu'il est sonore sous le choc d'un corps dur.

L'étuvage dure de six à dix jours suivant la grosseur des pains. Après cette dernière opération le sucre est livré au public sous le nom de raffiné.

Quant aux bas produits, sirops verts, ils sont utilisés de diverses manières. Souvent on les réunit pour faire des sucres en pains de qualité inférieure. On peut en employer une partie également à la préparation des clairces.

Enfin le dernier produit est la mélasse qui est distillée, ou traitée par l'un des procédés que nous avons indiqués ou livré directement à la consommation.

## PROCÉDÉ MÉRILLOT

Dans ce procédé, on cherche à produire dans la fabrique de sucre même des morceaux réguliers et blancs, possédant les mêmes propriétés que les sucres en pains.

Les sucres bruts sont fondus à 86 degrés, puis on clarifie. Cette épuration se fait comme à l'ordinaire avec de l'albumine et du sang.

Successivement aussi on procède à des opérations analogues à celles que nous avons décrites, filtration sur filtre Taylor, puis sur filtre à noir en grains.

Après la filtration, le sirop est cuit, puis coulé dans le réchauffoir et distribué immédiatement dans une série de formes qui demeurent dans l'empli environ six heures. Pendant ce temps on *opale* ou l'on mouve à plusieurs reprises leur contenu afin d'obtenir une homogénéité parfaite dans la cristallisation.

Au bout de six heures, les formes renferment donc une masse cuite solidifiée dont la structure est identique à celle des masses cuites coulées dans les formes coniques du raffinage ordinaire. Les moules sont alors amenés devant les turbines.

Les turbines ont chacune un tambour pouvant recevoir les formes; ces dernières sont rangées de façon que leur petite base vienne s'appuyer contre la surface interne du tambour. Par suite de cet arrangement le bloc de masse cuite repose par la petite base de la forme contre la toile métallique de la turbine et sa plus grande face libre est tournée vers l'axe de celle-ci. On recouvre d'un cercle de tôle le dessus des formes, et la turbine est mise en mouvement. Au centre on introduit de la vapeur d'échappement des machines; son effet est des plus efficaces; elle ne tarde pas à baigner les formes en tous sens, et au bout de quelques secondes on voit jaillir un jet de sirop de purge vert. La buée est évacuée par une cheminée d'appel; le turbinage est terminé lorsque le sirop qui s'écoule est incolore.

On enlève alors les formes qui contiennent du sucre parfaitement blanc ayant l'aspect transparent des sucres de bonne qualité.

Ces blocs séjournent quelques heures dans une étuve, puis sont débités en morceaux réguliers.

Les égouts de ce turbinage sont filtrés, recuits et donnent du sucre en grains extra.

Le rendement de la masse cuite pour 100 kilogrammes au premier turbinage est de 52 kilogrammes. En cristallisés on obtient 60 p. 100.

Les égouts sont finalement recuits pour donner des quatrièmes jets à 45 kilogrammes par hectolitre, des cinquièmes jets à 30 kilogrammes, et des sixièmes jets à 15 kilogrammes.

La durée des opérations se répartit ainsi :

Dix-huit à vingt heures à partir de la fonte pour obtenir le raffiné propre au pilage.

Vingt-quatre heures pour retirer les deuxièmes jets.

Huit jours pour la cristallisation des troisièmes jets, et un mois pour celle des quatrièmes.

Le raffinage des produits de la fabrication de tous jets est ainsi devenu possible pendant toute la durée du râpage, et les masses cuites de betteraves transformées d'abord en sucre brut, sont livrées au commerce sous la forme à laquelle la consommation est habituée, ne laissant dans les fabriques que de la mélasse épuisée comme résidu.

#### PROCÉDÉ VIVIEN

Enfin récemment, un Français, M. Vivien, a proposé et installé en fabrique un procédé de raffinage appelé, croyons-nous, à beaucoup d'avenir.

Le pain de sucre, dont l'existence remonte à plus de deux siècles, présente bien des inconvénients surtout à notre époque. Non seulement son poids assez élevé le rend peu maniable, mais il donne beaucoup de déchet à la casse. Les Allemands ont, depuis un certain temps, rendu pratique et fait adopter un mode

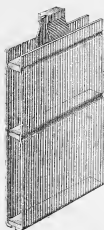


Fig. 124.



Fig. 125.

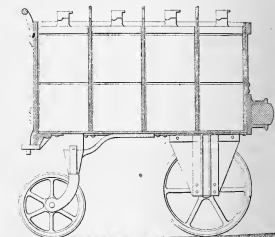


Fig. 126.

de production du sucre sous forme de tablettes, mais elles ont l'inconvénient d'être trapézoïdales.

Dans le procédé de M. Vivien, les opérations préliminaires sont semblables à celles que nous avons décrites; le changement commence à la mise en forme.

Cette forme se compose de deux plaques parallèles en tôle d'acier galvanisée.

Recourbées à angle droit à une de leurs extrémités, elles sont rivées au fond (fig. 124 et 125).

En haut se trouve un ressort formé de deux lamelles flexibles et cintrées. Une d'elles est munie d'un fermoir articulé; on voit alors que les deux parties du ressort peuvent être réunies et que par suite, pendant la durée du travail, les parois seront maintenues à un écartement constant; les plaquettes de sucre obtenues seront donc régulières et en forme de parallépipède.



Pour le remplissage des formes, on emploie des wagonnets en tôle (fig. 126), dont trois faces sont fermées hermétiquement.

La quatrième paroi mobile est la porte. Les formes *c, c, c, y* sont disposées côte à côte. Le wagonnet est conduit sous l'appareil à cuire et la masse cuite est coulée dans les formes. On laisse ensuite reposer plusieurs heures pour que la cristallisation puisse se faire. On lisse alors le dessus des formes pour enlever l'excès de masse cuite sans consistance, puis les formes sont transportées dans une turbine semblable à celles que nous avons décrites et où s'opère le raffinage.

On obtient ainsi des plaquettes de sucre très pures et d'un bel aspect. On les sèche ensuite dans une étuve, puis on les débite en lingots à l'aide de petites scies et finalement en morceaux qui sont livrés au commerce.

#### RÉSUMÉ DES PROGRÈS RÉALISÉS DANS LA FABRICATION DU SUCRE

En 1888 le syndicat des fabricants de sucre a fait procéder à une enquête sur les diverses phases de la fabrication et cela sous forme de questions posées aux principaux fabricants.

Le rapport de M. Machercz fournit sur ce sujet les conclusions suivantes :

**Extraction des jus.** — La densité maximum à laquelle il est possible d'extraire le jus de betterave, par le procédé de la diffusion, peut varier entre 4 degrés et 5°,5 suivant la pureté de la betterave.

Le minimum de pureté des jus de diffusion qu'il convient de ne pas dépasser est égal à 80.

**Carbonatation.** — La température des jus qui assure la meilleure épuration est de 40 degrés pour le chaulage pendant l'introduction de l'acide carbonique, elle peut être portée ensuite à 90 degrés.

Quant à la meilleure proportion de chaux à employer elle consiste à ajouter douze litres de lait de chaux à 20 degrés Baumé par hectolitre de jus à la première carbonatation, et deux à trois litres à la deuxième.

Le chauffage des jus à 90 degrés au sortir de la batterie de diffusion donne de très bons résultats. On évite ainsi la formation des ferments; dès que la chaux est mise en contact avec le jus ainsi chauffé il se produit une coagulation que l'acide carbonique précipite très facilement.

**Filtres-presses.** — Peu de fabricants conservent le système de malaxage pour l'épuisement des écumes. Dans les usines qui l'ont encore, les écumes des filtres-presses sont d'abord délayées dans de l'eau à 90 degrés, puis on les écoule dans un second mélangeur cylindrique où l'on examine si la liquéfaction est suffisante en continuant le chauffage, puis on refoule dans une seconde batterie de filtres-presses.

Les filtres à lavage absolu sont très employés; en général on préfère les desservir avec des pompes.

**Filtration.** — En général on tend à supprimer l'emploi du noir; la filtration mécanique donne un travail plus facile et plus complet. Entre la première et la deuxième carbonatation, elle assure plus de pureté en évitant toute dissolution des matières qui sont enlevées et par suite diminue la formation des sels de chaux. L'avis général est que pour les jus de seconde carbonatation et pour les sirops la filtration complémentaire sur le noir n'est plus indispensable si la carbonatation est bien faite.

**Triple effet.** — D'une façon générale, on a augmenté de 20 p. 100 au moins la puissance d'évaporation du triple effet en augmentant les sections d'évacuation des eaux de condensation et des vapeurs ammoniacales, ainsi que les tuyaux de communication de vapeur d'une chaudière à l'autre, au vase de sûreté et à la pompe à air.

L'emploi des pompes à sirop donne de bons résultats, mais nécessite de grands soins.

**Cuite en grains.** — L'accumulation de l'eau condensée dans les serpents produit naturellement un grand retard dans la cuite, rend la cuite grasse et par suite plus difficile le turbinage; aussi est-il important d'enlever ces eaux de condensation au fur et à mesure de leur production.

D'une façon générale il a été constaté que, jusqu'au moment de grainer, une température élevée n'a pas d'inconvénient; mais il faut que le refroidissement de la masse cuite se fasse uniformément et d'une façon bien graduée. On doit préférer l'emploi des vapeurs détendues pour éviter tout effet de caramélisation et par suite de coloration.

Les masses cuites et travaillées à l'air libre donnent un sucre plus dur, d'un plus haut titre mais moins abondant; mais en résumé il est plus avantageux de travailler avec le vide.

**Traitement des masses cuites.** — Les mélangeurs à dents ont des inconvénients, ils pulvérisent les cristaux; on tend à les remplacer par des appareils à bras.

Les meilleurs résultats de clairçage sont obtenus en clairçant tout d'abord avec des sirops d'égout dilués à 30 degrés Baumé et réchauffés à 70 degrés, puis en introduisant de la vapeur détendue ou mieux de l'air chaud après avoir fermé hermétiquement la turbine.

La filtration des sirops d'égout sur le noir est une très bonne chose; il est bon de filtrer auparavant ces mêmes sirops mécaniquement.

**Raffinage en fabrique.** — Beaucoup d'essais sont tentés dans cette voie, mais il y a de grandes difficultés; les principaux obstacles sont la dureté de nos sucres de premier jet due à la façon obligatoire de les cuire et l'irrégularité de nuance et de grosseur des grains.

## FABRICATION DU CARAMEL

Le caramel est une matière importante au point de vue commercial, elle est indispensable à la fabrication de certaines liqueurs, le rhum; elle est utilisée également pour colorer les vinaigres et la bière.

Il existe deux sortes principales de caramel : l'une pour le rhum, ne se dissout pas dans le vinaigre sans le troubler; l'autre pour le vinaigre et pour la bière, ne se dissout pas non plus sans trouble dans l'alcool; mais l'une et l'autre donnent avec l'eau une dissolution claire.

La partie importante de la fabrication du caramel consiste à ajouter à la glucose de la soude ou de la potasse caustique ou non, ou bien du carbonate d'ammoniaque lorsqu'il s'agit de caramel pour le vinaigre; à chauffer à feu nu dans un vase métallique jusqu'à ce que la glucose soit transformée en une masse d'un brun foncé, presque noire et boursofflée, à laquelle on ajoute alors peu à peu une certaine quantité d'eau bouillante. L'addition de l'alcali a pour but de donner au produit une nuance plus prononcée et plus brune, de rendre soluble la petite quantité d'acide ulmique qui se forme toujours à la fin de la cuisson et d'empêcher ainsi la dissolution de se troubler. Pendant le travail, on peut donner d'abord de la vivacité au feu, afin d'accélérer la fusion du sucre, et continuer ainsi, tant que le sucre conserve encore une nuance claire ou fauve; mais lorsqu'il devient d'un brun foncé et laisse dégager des vapeurs grises et piquantes, on doit modérer la chaleur et remuer continuellement la matière.

Lorsque l'on prépare le caramel pour le vinaigre et que l'on y a ajouté du carbonate d'ammoniaque, on voit la masse brunir très rapidement sans cependant que l'opération paraisse près d'être terminée. Il faut alors se guider par le dégagement des vapeurs grises et piquantes et modérer le feu aussitôt qu'elles forment un nuage bien sensible. Lorsque l'on juge la cuisson complète, on verse de l'eau en filet très fin, et l'on a soin d'agiter la matière sans interruption.

Une quantité donnée de glucose rend un poids égal de caramel pour le rhum ou pour le vinaigre.

Le caramel pour le rhum exige que l'on mette 2 kilogrammes de carbonate de soude cristallisé ou 1<sup>kg</sup>,5 de soude caustique dans une chaudière, et que l'on y ajoute un poids double d'eau. On fait le feu, et lorsque le sel est fondu, on remplace l'eau évaporée et l'on ajoute 60 kilogrammes de glucose ou 65 kilogrammes de sirop de glucose. A la fin de la cuite, on ajoute en filet fin de 15 à 20 kilogrammes d'eau tiède.

Quant au caramel pour vinaigre, on met dans la chaudière 60 kilogrammes de glucose ou 65 kilogrammes de sirop de glucose, puis, après avoir allumé le feu, 3 kilogrammes de carbonate d'ammoniaque dissous dans une égale quantité d'eau et à la fin de la cuite encore 15 à 20 kilogrammes d'eau.

## ALTÉRATION DES COURS D'EAU PAR LES EAUX VANNES DE SUCRERIES

Avant de passer à l'étude des autres sucres, puis finalement à la partie qui doit clore ce travail et qui sera relative aux divers procédés d'analyse chimique

appliqués à la fabrication du sucre, nous devons passer en revue quelques points intéressants relatifs à la fabrication et que nous grouperons sous la dénomination de données générales sur la fabrication, les fabriques et les appareils; mais auparavant nous dirons quelques mots de cette question d'altération qui intéresse l'hygiène publique au premier chef.

Le débouillage des betteraves et les lavages des sacs à pulpe, à écumes, etc..., fournit des eaux troubles tenant en suspension de la terre arable, des radicules de betteraves, des débris de la plante, du carbonate de chaux, des matières albuminoïdes coagulées, etc..., il s'y trouve, en outre, en dissolution une certaine quantité de sucre.

On fait séjourner en général ces liquides dans de grands bassins de dépôt, afin de séparer mécaniquement les matières solides tenues en suspension dans le liquide qui doit être éclairci avant d'être versé dans un cours d'eau voisin.

Pendant le séjour des eaux de lavages dans les bassins, et surtout pendant les chaleurs, il s'établit une fermentation très active; le sucre se transforme en acides lactique et butyrique. Il se dégage de l'hydrogène et de l'acide carbonique.

Dans ces conditions, le peroxyde de fer de la terre arable se trouve partiellement réduit et ramené à l'état de protoxyde qui entre alors en dissolution dans les acides formés par la fermentation.

Quand on laisse couler ces eaux à la rivière, le sel de protoxyde de fer absorbe l'oxygène de l'air dissous dans l'eau. Il en résulte que le cours d'eau se trouve altéré, et on voit s'y développer une algue gélatineuse spéciale, renfermant du soufre.

Les détritres de cette plante mis en présence du sesquioxyde de fer hydraté, produisent du sulfure de fer qui infecte la rivière. Il est donc très important que les industriels prennent toutes les dispositions nécessaires pour éviter ces foyers d'infection.

## DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA FABRICATION, LES FABRIQUES ET LES APPAREILS

Le cadre de ce travail ne nous permet pas d'entrer dans des développements importants touchant l'installation des fabriques de sucre, nous dirons quelques mots seulement des principes généraux qui doivent guider en pareil cas, en nous appesantissant davantage sur les points les plus importants, notamment en ce qui concerne la production et l'emploi de la vapeur.

L'emplacement à donner à la fabrique dépend d'une foule de conditions qui doivent être plus ou moins éclairées par toutes les considérations qui ont précédé. En effet, il y aura lieu de tenir compte tout d'abord du système de fabrication adopté. On n'agira pas de même si, par exemple, la betterave doit être râpée à l'usine même ou à quatre kilomètres de là. En général la fabrique doit être située de telle sorte que tout d'abord ses frais généraux soient réduits autant que possible, et qu'elle puisse s'approvisionner facilement de bonnes betteraves à bon marché.

Le prix du terrain entrera aussi pour beaucoup dans la balance, car il ne faut pas oublier que si l'on veut traiter 20 millions de kilogrammes de betteraves, il faut compter sur 3.000 hectares nécessaires.

La fabrique enfin doit s'assurer des approvisionnements faciles; on n'aura jamais trop de moyens de communication ou de transports pour la desservir.

Comme nous l'avons vu précédemment, il y aura lieu d'étudier si les râperies avec transport souterrain peuvent être adoptées.

Il est encore du plus haut intérêt d'avoir l'eau en abondance et de bonne qualité. On a vu par ce qui précède qu'à chaque instant de la fabrication, on a besoin d'eau et de beaucoup d'eau, la fabrique ne peut vivre si l'alimentation d'eau n'est pas absolument garantie.

Ainsi, au minimum, on peut compter sur les chiffres suivants :

Pour laver 1.000 kilog. de betteraves . . .	100 hectolitres
Pour la râperie . . . . .	5 —
Pour le lavage des sacs . . . . .	7 —
Pour éteindre la chaux . . . . .	3 —
Pour laver le gaz de carbonatation . . . .	3 —
Pour les pompes à air (en comptant sur les retours d'eau) . . . . .	200 —
Pour le lavage des appareils divers . . . .	30 —
Pour les générateurs . . . . .	10 —
Pour le lavage des noirs. . . . .	15 —

On arrive ainsi à 400 hectolitres environ par jour et par tonnes de betteraves. Il est prudent de majorer encore beaucoup ce total.

Le choix des ouvriers est encore très important.

On peut évaluer ainsi le personnel nécessaire au traitement de 100.000 kilogrammes de betteraves par douze heures :

Prise au tas, lavage, etc. . . . .	18
Production du jus, presses, etc. . . . .	50
Défécation et carbonatation . . . . .	15
Filtration, fours à noir, lavage . . . . .	10
Four à chaux . . . . .	4
Lavage des sacs, raccommodage, etc. . . . .	4
Générateurs. . . . .	8
Culseurs. . . . .	4
Machines . . . . .	4
Hommes de peine, éclairage, etc. . . . .	8
	<hr/> 125

Le tiers environ peut être formé par des femmes et des enfants.

Quant au matériel, nous avons à nous occuper d'abord de celui nécessité par le râpage, s'il s'agit d'une fabrication ordinaire.

Une râperie comprend en général :

Un monte-betteraves ;

Un laveur ;

Une râpe avec auge à pulpe ;

Deux pelleteurs mécaniques ;

Deux presses préparatoires ;

Plusieurs presses continues et appareils accessoires ;  
Une machine de 30 chevaux.

Si l'on n'emploie que des presses continues, les pelleteurs sont remplacés par une pompe à pulpe.

Les chiffres suivants donneront une idée approximative de ce que peut coûter une râperie :

	FRANCS
Terrains, en moyenne 2 hectares . . . . .	12.000
Bâtiments et appropriation du terrain . . . . .	60.000
Laveur, élévateur, épierreur . . . . .	3.000
Râpe . . . . .	3.000
Bacs de chaulage et de dépôts . . . . .	2.000
Pompes et tuyauterie . . . . .	3.000
Machine et transmission . . . . .	20.000
Presses. Imprévu. Divers . . . . .	15.000
	<hr/> 98.000

soit un total de 100.000 en nombre ronds.

Si l'on adopte le système du transport des jus, il y aurait lieu naturellement d'ajouter le prix de la canalisation.

Pour quatre mois de travail, l'exploitation pourra coûter environ 50.000 francs et produire 100.000 hectolitres de jus.

L'installation des filtres-presses n'est pas fort coûteuse. Pour traiter 10.000 tonnes de betteraves, on peut fixer de ce chef une dépense d'environ 12.000 francs.

Nous n'insisterons pas davantage sur ces prix d'établissement, ils sont très variables suivant les systèmes divers que l'on emploie, suivant les constructeurs auxquels on s'adresse, suivant l'état des affaires. Comme dernier renseignement sur ce point pouvant avoir un certain intérêt, nous nous bornerons à donner l'énumération des appareils nécessaires à une fabrique de sucre travaillant par la méthode ordinaire 25.000 tonnes de betteraves préparées à l'avance dans quatre râperies, dont une dans la fabrique et trois au dehors envoyant leur jus par conduite souterraine.

Il faudrait dans ce cas :

Quatre pompes à pulpe ;

Douze presses ;

Trois pompes à jus dans les râperies ;

Trois canalisations souterraines ;

Trois bacs d'arrivée des jus extérieurs ;

Huit bacs de chaulage ;

Quatre pompes ou monte-jus ;

Huit bacs de prise en charge ;

Un four à chaux ;

Un laveur à gaz ; un épurateur ;

Une pompe à gaz acide carbonique ;

Six chaudières de première carbonatation ;

Six bacs décanteurs ;

Quatre chaudières et quatre bacs pour deuxième carbonatation ;  
 Monte-jus ou pompe pour les écumes ;  
 De six à dix filtres-presses ;  
 Quatre filtres à noir ;  
 Deux fours à noir ;  
 Un laveur ;  
 Un triple effet complet de 3.000 hectolitres ;  
 Une pompe à air avec sa machine ;  
 Une pompe à jus ;  
 Une pompe à sirop ;  
 Deux bacs à jus et deux à sirops ;  
 Deux chaudières à cuire avec réchauffeur ;  
 Deux bacs rafraîchisseurs ;  
 Un moulin à masse cuite ;  
 Six turbines ;  
 Une machine motrice générale ;  
 Une pompe centrifuge ;  
 Un réfrigérant et un bassin de 3.000 mètres cubes ;  
 Deux pompes à eau ;  
 Six générateurs de 100 chevaux ;  
 Une petite usine à gaz ou électrique ;  
 Bacs d'emplis et magasins divers.

## GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

On a vu quelle importance prenaient dans la fabrication du sucre la production et l'emploi de la vapeur.

C'est pour le fabricant une question de premier ordre que de savoir à la fois choisir un bon générateur et veiller à son fonctionnement de façon à obtenir de la vapeur sèche au plus bas prix possible, d'une façon régulière et toujours plus en excès.

Les systèmes de générateurs sont excessivement variés. Les trois grandes catégories dans lesquelles le fabricant doit au préalable faire son choix comprennent les chaudières à bouilleurs, les chaudières tubulaires et les chaudières semi-tubulaires ou mixtes.

Nous donnerons quelques exemples de chacun de ces types en disant tout d'abord qu'au point de vue du choix à faire, l'industriel doit s'inspirer d'une foule de raisons diverses que nous ne pouvons discuter ici en détail. La qualité du charbon qui alimentera la sucrerie forme déjà par elle-même un facteur important du problème à résoudre. Les opinions, au point de vue absolu, sont et doivent être évidemment partagées.

En général, les premières conditions à remplir sont :

- 1° Une bonne utilisation du combustible ;
- 2° Une mise en vapeur rapide ;

3° Une production de vapeur par mètre carré de chauffe aussi considérable que possible;

4° Le système employé doit être tel que les réparations soient faciles et rapides.

Nous ne pouvons entrer dans de grands développements sur ce sujet cependant si intéressant pour la sucrerie, et les exemples que nous allons citer ne seront donnés qu'à titre de renseignements utiles.

Les générateurs à bouilleurs extérieurs ordinaires sont connus de tous et nous n'insisterons pas sur ce point; ce système, d'ailleurs, malgré les avantages de simplicité qu'il présente tend à disparaître, car il est loin d'être économique.

On a cherché à les améliorer en disposant les bouilleurs à l'intérieur. La figure 127 montre une bonne disposition de ce système.

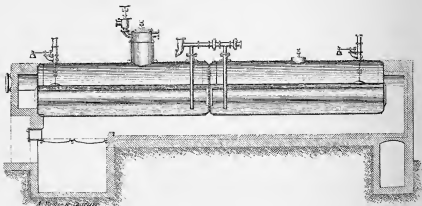


Fig. 127.

Ce générateur se compose d'un corps cylindrique formé d'une seule partie pour les petites forces, ou de deux parties pour les grandes. Les plus petits générateurs sont construits avec un seul bouilleur intérieur, tous les autres sont à deux bouilleurs.

Le foyer est en maçonnerie, ce qui permet de faire varier au besoin ses dimensions pour l'approprier à l'espèce de combustible que l'on désire brûler.

Le retour de flammes se faisant par les bouilleurs intérieurs sur le devant du générateur, il y a avantage à ajouter à la chaudière un bouilleur réchauffeur que l'on place dans une gargouille longitudinale conduisant la fumée à la cheminée et dans l'intérieur duquel on fait passer l'eau d'alimentation.

Un autre système de générateur donnant de bons résultats est celui qui porte le nom de M. Galloway.

Les figures 128, 129 et 130 montrent les dispositions de ce générateur. Cet appareil est à foyers intérieurs; mais ces foyers séparés jusqu'à l'extrémité de la grille se réunissent en ce point et forment une chambre elliptique traversée par une série de tubes coniques dont l'effet est d'abord d'augmenter la surface de chauffe sous un même volume, et ensuite d'entretoiser les parties supérieures et inférieures de cette chambre. Il en résulte les avantages suivants :



L'utilisation du combustible est meilleure; la surface de chauffe directe est augmentée, et la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe est plus grande.

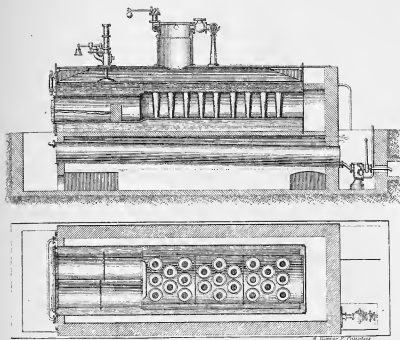


Fig. 128.

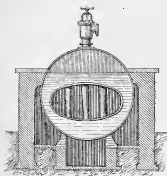


Fig. 129.

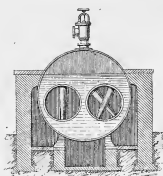


Fig. 130.

La chaudière étant composée d'un grand corps cylindrique avec dôme de vapeur et trous d'homme permettant de s'introduire au-dessus et au-dessous des foyers, est d'un nettoyage facile dans toutes ses parties.

Les générateurs semi-tubulaires encore d'un bon emploi (fig. 131) sont à deux bouilleurs extérieurs. Ils sont munis d'un grand dôme-réservoir de vapeur avec trou d'homme sur lequel se font les prises de vapeur.

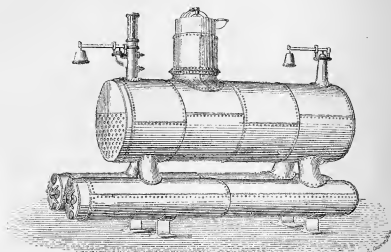


Fig. 131.

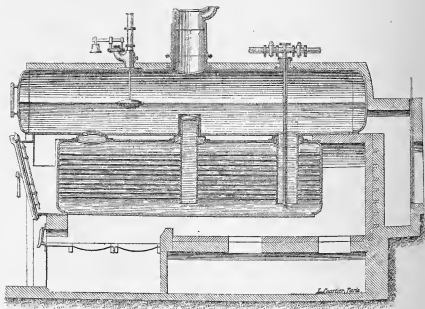


Fig. 132.

La surface de chauffe comprend la surface extérieure des deux bouilleurs sans les fonds, la surface de tous les tubes contenus dans la chaudière à l'exté-

rieur de ces tubes et la moitié de la surface extérieure de la chaudière sans les fonds.

Un autre système très employé représenté figure 132 comprend deux corps cylindriques, l'inférieur recevant les tubes et le supérieur servant de réservoir d'eau et de vapeur. Ces deux corps sont réunis entre eux par des communications en tôle, dont les orifices sont à grande section pour faciliter la circulation de l'eau et de la vapeur et aussi pour permettre à un homme de pénétrer du corps supérieur dans le corps inférieur.

Un des avantages de ce système est d'avoir au-dessus de la ligne des tubes une grande hauteur d'eau et de posséder en même temps un grand réservoir de vapeur. Ce réservoir de vapeur est encore augmenté par un dôme sur lequel se font les prises de vapeur. En outre, la circulation de l'eau et de la vapeur se trouve facilitée par des tubes plongeurs spéciaux.

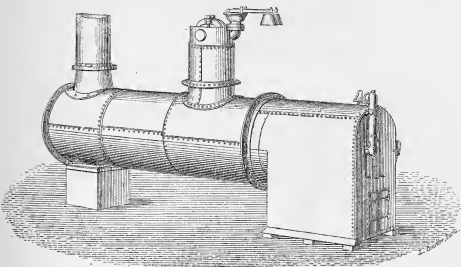


Fig. 133.

La surface de chauffe comprend la surface du corps inférieur sans les fonds, la surface extérieure de tous les tubes contenus dans la chaudière et la moitié de la surface extérieure du corps supérieur sans les fonds.

On emploie souvent aussi en sucrerie des générateurs tubulaires à foyers carrés tout à fait analogues à ceux des locomotives (fig. 133).

Ces appareils sont en fer ou en acier. Le foyer se compose d'une caisse carrée en acier à doubles parois armée d'entretoises entièrement entourées d'eau. La surface de chauffe comprend la surface intérieure de la caisse formant le foyer, et la surface extérieure de tous les tubes.

Ces générateurs ont un grand dôme-réservoir sur lequel se fait la prise de vapeur.

Chaque chaudière est munie d'une plaque en fonte pour recevoir le foyer et les barreaux, de portes en fer à charnières pour le foyer; d'un pied en fonte

recevant l'extrémité de la chaudière et servant à contenir le registre, d'une soupape de prise de vapeur sur le dôme, de deux soupapes de sûreté également sur le dôme, d'une soupape d'arrêt recevant l'alimentation sur le corps de la chaudière. Enfin de plusieurs autres appareils nécessaires au fonctionnement, robinets, manomètres, etc.

Enfin nous donnons figures 134, 135 et 136 les dispositions d'un générateur très employé, présentant souvent des avantages sérieux qui est à foyer tubulaire amovible et dû à la collaboration de MM. Thomas-Laurens et Pérignon.

La légende suivante fera bien comprendre son fonctionnement :

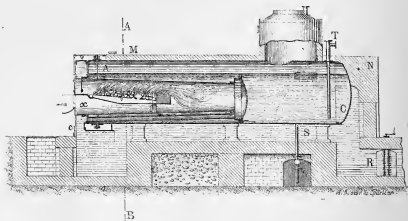


Fig. 134.

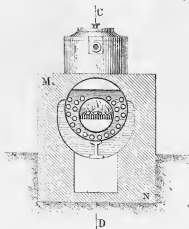


Fig. 135.



Fig. 136.

ABCD Corps externe de la chaudière.

MNOP Enveloppe de maçonnerie.

xyzuo Vaporisateur tubulaire amovible.

ccc Capote en tôle mince recouvrant à distance la boîte à fumée pour empêcher le refroidissement.

TT Tuyau d'alimentation.

SS Tuyau et robinet de vidange.

R Registre.

etg Boîte annulaire formant collerette du vaporisateur.

Ce générateur par ses dispositions spéciales est éminemment propre à subvenir avec régularité à des émissions de vapeur très variables.

Dans toutes les usines où l'on emploie des chaudières à vapeur on laisse échapper par les cheminées une grande quantité de gaz chauds dont la température n'a pas moins de 250 à 300°. Nous avons autrefois, il y aura bientôt vingt ans, étudié à fond cette importante question de l'économie du combustible et doté l'industrie d'un certain nombre d'appareils ayant cette économie pour but et pour résultat. L'emploi de nos gazogènes à combustion complète obtenue sous volume constant a donné d'excellents résultats industriels, notamment dans des distilleries et des sucreries, mais notre but n'est pas d'étudier ici cette question à nouveau, nous voulons signaler seulement que dans l'emploi de notre système de chauffage les gaz s'échappaient après avoir épuisé complètement leur action sur les appareils à chauffer, et comme leur température finale n'influe en rien sur le tirage qui était obtenu artificiellement et mécaniquement, cette température pouvait descendre aussi bas que l'on voulait. Il n'en va pas de même lorsque de cette température dépend le tirage du générateur, elle doit toujours conserver une valeur assez élevée et par suite finalement constituer une perte de calorique plus ou moins grande.

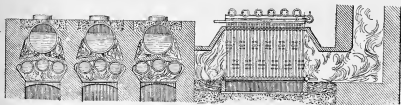


Fig. 137.

En dehors de nos recherches personnelles et des applications de notre système de chauffage, nous devons signaler un excellent réchauffeur de l'eau d'alimentation connu sous le nom de récupérateur ou économiseur Green et représenté figures 137 et 138. C'est, comme on le voit, une série de tuyaux en fonte accouplés et réunis par des tubulures. L'appareil se place à l'extrémité du massif des générateurs dans le parcours des fumées, un peu avant la cheminée. Les gaz chauds circulent librement autour des tuyaux qui sont parcourus intérieurement par l'eau d'alimentation. De grands racloirs nettoyeurs fonctionnent mécaniquement en empêchant la suie de s'accumuler sur les tuyaux.

Le prix de premier établissement de ces appareils est assez élevé, aussi l'économie de combustible qu'ils sont susceptibles de procurer ne commence-t-elle à devenir appréciable que s'il s'agit d'une très importante production de vapeur, ce qui est le cas d'une grande sucrerie.

Quoi qu'il en soit des systèmes adoptés, il est des règles générales que l'on doit suivre pour obtenir une combustion économique et bonne, que nous résumerons ainsi :

1° Les chauffeurs doivent avant tout avoir des habitudes de sobriété, d'ordre et de propreté.

2° Les générateurs en activité ne devront jamais rester sans surveillance.

3° On ne commencera le chauffage qu'après s'être bien assuré que les générateurs sont suffisamment pourvus d'eau, et que les appareils de sûreté, surtout les tubes de niveau et les robinets de jauge, sont intacts et en bon état.

4° Toute la surface de la grille devra être recouverte d'une couche de combustible également épaisse d'environ 10 centimètres pour une bonne houille. On veillera en même temps à ce que la grille soit constamment entretenue, nette de scories et de mâchefers.

5° Par l'usage fréquent qu'il est obligé d'en faire, le chauffeur devra être bien familiarisé avec la marche de l'appareil d'alimentation. Il devra, en outre, en connaître la construction dans tous ses détails.

6° En aucun cas, le niveau de l'eau dans les générateurs ne devra descendre

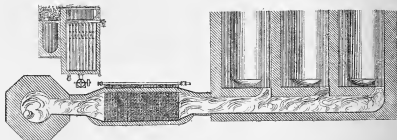


Fig. 138.

au-dessous de la limite la plus basse assignée par la position du robinet inférieur des tubes à niveau. S'il en arrivait autrement, il faudrait tout de suite jeter le feu bas et bien se garder d'alimenter.

7° Pour vérifier la position de l'eau fournie par les tubes à niveau, le chauffeur devra de temps en temps ouvrir les robinets de jauge.

8° Pendant la marche des générateurs, le chauffeur observera attentivement si des altérations quelconques (bosses, soufflures, etc...) ne surviennent pas aux chaudières; il devrait les signaler immédiatement.

9° Le chauffeur s'assurera de temps à autre du bon fonctionnement des manomètres et des soupapes.

10° Les soupapes ne devront sous aucun prétexte être chargées de poids supérieur aux pressions réglementaires.

11° Si par hasard la pression de la vapeur venait à dépasser la limite à laquelle est timbré le générateur, le chauffeur devrait alimenter aussitôt. Si ce moyen ne suffisait pas, il faudrait ouvrir entièrement le registre et les portes du foyer et laisser le feu se ralentir.

12° Enfin, la grille sera toujours couverte d'un feu également intense en tous ses points.

## POMPES

Nous avons donné précédemment quelques détails sur les pompes spéciales aux écumes et aux filtres-presses, mais au point de vue général cette question

des pompes est si importante pour l'industrie du sucre que nous croyons devoir ajouter ici quelques renseignements sur deux systèmes très employés en dehors des pompes à piston ordinaires.

**Pompe centrifuge Neut et C<sup>ie</sup>.** — Les figures 139, 140 et 141 font bien comprendre la nature de cette pompe. La figure 140 est une coupe verticale

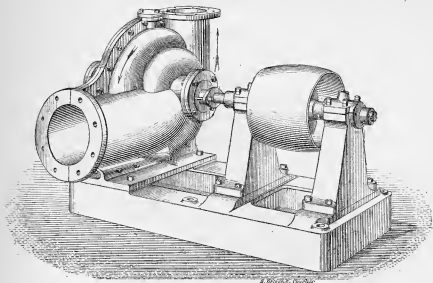


Fig. 139.

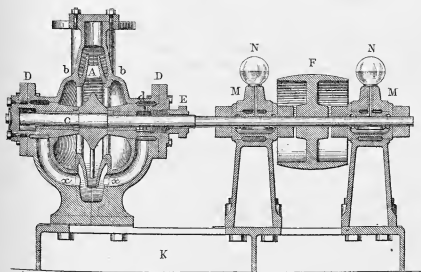


Fig. 140.

par l'axe de l'appareil. La figure 141 est une coupe verticale transversale. A est

la turbine ou roue à aubes qui se meut dans l'intérieur du corps de pompe B formé par deux coquilles *bb* assemblées et réunies par des boulons.

Cette turbine A est fixée sur un arbre en acier C et maintenue par deux boîtes DD dont l'une forme un joint hydraulique et porte un presse-étoupes E.

Les boîtes DD sont garnies dans leur partie frottante de métal antifricition et sont percées de trous *dd* qui amènent l'eau des conduits *xx* dans les chambres *mm* qui entourent l'arbre C et empêchent tout échauffement.

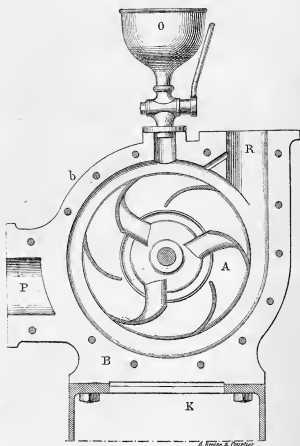


Fig. 141.

Le mouvement de rotation est donné par une poulie F calée sur l'arbre C.

Le graissage des coussinets est fait par des graisseurs N à fonctionnement continu.

Si l'on suppose la pompe pleine d'eau et un mouvement de rotation communiqué à l'axe, l'eau qui se trouve dans la roue à aubes A est entraînée dans le mouvement de rotation. La force centrifuge développe dans cette masse d'eau une pression qui s'exerce du centre à la circonférence. Lorsque cette pression



est devenue suffisante, l'eau s'échappe par toute la circonférence de la roue à aubes. La dépression qui se produit au centre de la roue y fait affluer celle que renferment les conduits P. L'eau qui s'échappe par la circonférence de la roue à aubes afflue dans le corps de pompe et s'écoule par le tuyau de refoulement R. La rotation continuant, le mouvement du liquide s'établit ainsi d'une manière constante et uniforme.

Quand l'usine est à cours d'eau, il est bon de chercher à utiliser les eaux chaudes de condensation, pour cela on peut avantageusement appliquer le réfrigérant à fascines (figure 142).

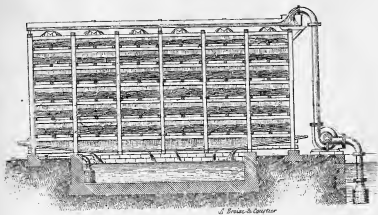


Fig. 142.

L'eau chaude est amenée à la partie supérieure de l'appareil et se répand aussitôt dans une série de rigoles à section triangulaires percées de trous qui divisent l'eau en une multitude de petits jets, lesquels en tombant et en traversant les lits de fascines se réduisent en une pluie très fine. L'eau ainsi pulvérisée par son contact avec l'air qui produit une évaporation très active est ramenée à une température inférieure à celle de l'air ambiant.

**Pompe système Greindl.** — Cette pompe également très employée réunit les avantages de la pompe centrifuge à ceux de la pompe ordinaire à piston. Elle se compose d'une caisse, figures 143 et 144, dans laquelle se meuvent deux rouleaux cylindriques tangents, dont l'un porte deux ailettes faisant office de piston, et qui, dans leur mouvement de rotation, entrent alternativement dans une échancrure de forme épicycloïdale ménagée dans l'autre rouleau. Deux engrenages reliant les axes sont proportionnés de façon à donner au rouleau échancré une vitesse double de celle du rouleau à palettes, ce qui assure le fonctionnement des deux palettes de l'un dans l'échancrure unique de l'autre rouleau.

La vitesse de cette pompe est restreinte, elle varie de 65 à 200 tours pour le rouleau à palettes et de 130 à 400 tours pour le rouleau échancré.

On peut la commander soit par courroies, soit par moteur direct comme le

montre la figure 143. Son débit, suivant les dimensions, peut varier entre 50 et 20.000 litres par minute.

Nous donnons en fin, figures 145, 146 et 147, les dispositions générales pour

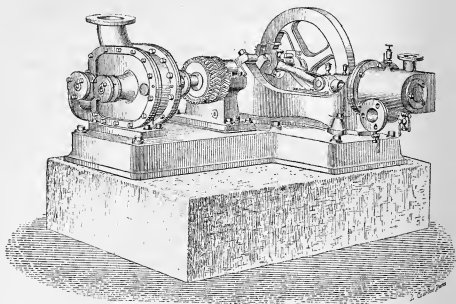


Fig. 143.

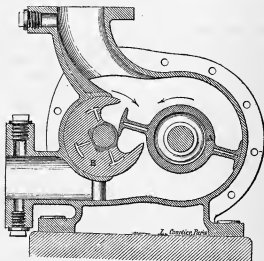


Fig. 144.

applications de ce système de pompes à produire le vide ou l'air comprimé, et son agencement dans le cas d'application à un triple effet, avec refoulement des eaux sur le réfrigérant à fascines.

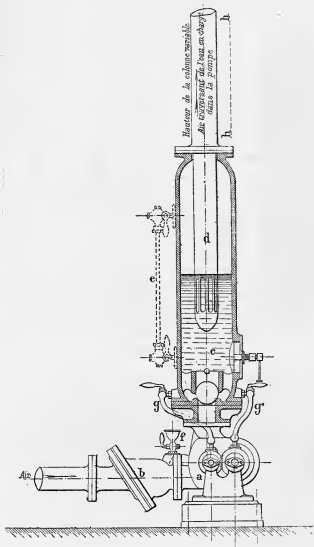


Fig. 143.

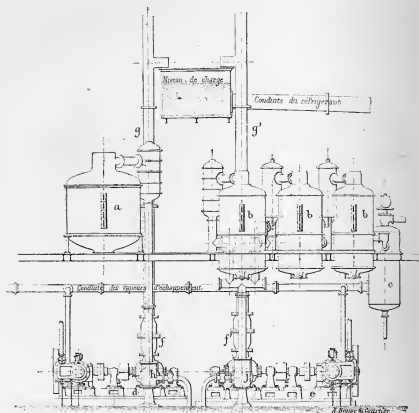


Fig. 146.

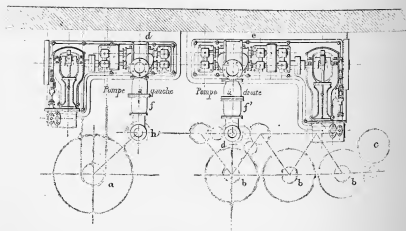


Fig. 174.

**Aspirateur-insufflateur à vapeur surchauffée, système Paul Charpentier.** — On a cherché à simplifier encore la mise en mouvement des liquides ou des gaz, en supprimant tout organe mécanique et utilisant pour cela, la puissance d'aspiration d'un jet de vapeur ou d'air comprimé. Beaucoup de systèmes ont été proposés, mais ils ont tous des inconvénients, dont le principal est d'être d'un fonctionnement très dispendieux. Nous avons cherché à rendre pratique ce système d'aspiration et nous avons créé l'appareil représenté figure 148, et qui réunit les trois conditions suivantes indispensables pour un fonctionnement industriellement pratique et qui sont : écoulement par un orifice annulaire; réception des mélanges de fluides dans une série de cônes; emploi de vapeur surchauffée.

La vapeur pénètre par le tuyau A dans l'espace annulaire B. Un écrou fileté C permet de réduire ou d'augmenter à volonté la section de sortie B. De cette façon, la vapeur en s'échappant rapidement par cet anneau B aspire le fluide à entraîner par le tuyau central D et une autre quantité de fluide par l'espace annulaire E qui peut aussi varier à volonté. Le mélange de vapeur et de fluide qui s'échappe en F encore animé d'une grande quantité de mouvement utilisable est dirigé dans une série de troncs de cône semblables formant chacun aspirateur, et en nombre plus ou moins grand suivant la grandeur de la pression finale que l'on désire obtenir.

On peut avoir finalement, à volonté, un grand poids de fluide entraîné, animé d'une très faible vitesse, ou un poids moindre animé d'une vitesse relativement grande. Enfin, l'effet produit augmente avec la vitesse du fluide moteur. Il est inutile et surtout coûteux, de chercher à obtenir cet accroissement de vitesse en employant la vapeur à très haute pression. Il suffit comme nous l'avons fait, d'utiliser les chaleurs perdues pour surchauffer la vapeur motrice ordinaire et par là accroître sa vitesse. L'appareil prend alors le nom d'aspirateur-insufflateur à multiple effet et à vapeur surchauffée.

Les applications de cet appareil peuvent être très nombreuses, et particulièrement en sucrerie, il peut servir à remplacer avantageusement diverses pompes à air et à gaz; il trouve également son utilisation pour produire le tirage forcé dans notre système de chauffage des générateurs que nous avons indiqué.

**Rafraîchisseur d'air Nezereaux.** — On a souvent besoin dans la sucrerie ou la raffinerie de rafraîchir ou d'assainir l'air de grandes salles de travail. L'appareil très simple représenté figure 149, peut atteindre ce but très facilement.

Il se réduit à deux parties principales : un ventilateur que l'on pourrait très bien remplacer par notre aspirateur, et une plaque métallique percée de trous d'un très petit diamètre.

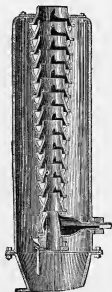


Fig. 148.

Un courant d'eau arrive par un tuyau, se déverse à l'épaisseur de 10<sup>mm</sup> au plus sur la plaque métallique faiblement inclinée. Le ventilateur insuffle de l'air sous la plaque, et cet air, par sa pression, retient l'eau au-dessus de cette plaque en se répandant par tous les trous.

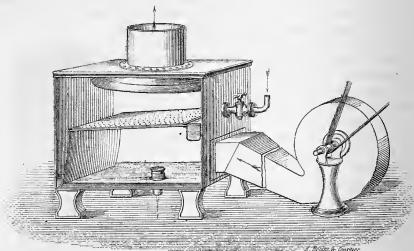


Fig. 149.

L'air ainsi injecté, divise l'eau également de telle façon, que toutes ses molécules sont mises en contact avec l'eau constamment renouvelée et par conséquent à température constante. L'air prend ainsi la température de l'eau, après quoi il s'échappe par un conduit distributeur.

Suivant la température de l'eau employée, on aura soit de l'air frais sans saturation, soit de l'air humide saturé, et dans tous les cas de l'air épuré.

## CHAPITRE IV

## STATISTIQUE

Nous ne pouvons entrer à ce sujet dans aucune des considérations d'ordre économique qui seraient certainement fort intéressantes, mais qui nous entraîneraient aussi beaucoup au delà des limites imposées à une étude sur le sucre aussi restreinte que celle qui fait le sujet de ce mémoire. Il faudrait en effet, des volumes pour arriver à traiter avec les développements qu'elle comporte et qu'elle mérite, une question commerciale aussi complexe que celle des sucres. Nous nous bornerons à quelques données comparatives sur les états successifs de la fabrication, tant en France qu'à l'étranger.

Pour ne pas remonter trop haut, la fabrication française, en 1838, fournissait les chiffres suivants.

Fabriques en activité : 338.

	KILOGRAMMES
Reprises au début. . . . .	4.336.119
Quantités fabriquées . . . . .	82.451.625
Charges et entrées . . . . .	86.986.986
Mises en consommation . . . . .	5.086.600
Envois aux entrepôts . . . . .	47.643.613
Décharges et sorties . . . . .	53.406.272
Livré à la consommation . . . . .	26.411.690

En 1867, la production du sucre dans le monde entier était la suivante :

	KILOGRAMMES
Europe (sucre de betteraves) . . . . .	650.000.000
Cuba (exportation) . . . . .	530.000.000
Antilles anglaises. . . . .	250.000.000
Java. . . . .	130.000.000
Maurice . . . . .	100.000.000
Brésil . . . . .	130.000.000
Manille . . . . .	60.000.000
Colonies françaises . . . . .	150.000.000
Porto-Rico . . . . .	60.000.000
Indes orientales . . . . .	24.000.000
Sucre d'érable (Amérique du Nord) . . . . .	30.000.000
Sirap de sorgho. . . . .	9.000.000
Louisiane . . . . .	30.000.000
Natal . . . . .	6.000.000
Queensland. . . . .	500.000
Iles Sandwich. . . . .	10.000.000
Egypte . . . . .	10.000.000
Espagne. . . . .	5.000.000
Pérou. . . . .	1.000.000
Siam . . . . .	5.000.000
Sucre de palmier. . . . .	100.000.000
Mexique. . . . .	32.000.000
Chine. . . . .	17.500.000
Total. . . . .	2.340.000.000

A cette même époque, les principaux consommateurs étaient :

	KILOGRAMMES
La Grande-Bretagne et ses colonies . . . . .	690.000.000
Les Etats-Unis . . . . .	452.000.000
La France . . . . .	296.000.000
L'Allemagne . . . . .	160.000.000
La Russie . . . . .	100.000.000

A cette époque, la France trouvait un écoulement facile de ses produits, soit sur le marché anglais, où notre raffinerie, grâce à ses primes, avait tué la concurrence locale soit sur le marché italien, soit sur les côtes de la Méditerranée.

Mais parallèlement à notre industrie sucrière, l'industrie similaire de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Russie se développait également, et avec une rapidité telle, que ces pays qui suffisaient à peine à leur consommation intérieure, se trouvaient transformés tout à coup d'importateurs en exportateurs.

On verra facilement le changement survenu dans la situation réciproque des différents pays producteurs en examinant le tableau suivant.

	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Mille tonnes									
France . .	288	335	408	396	450	462	243	397	432	275
Allemagne .	262	189	258	289	250	346	291	383	420	410
Autriche . .	182	161	215	170	158	208	247	330	405	385
Russie . .	103	90	150	150	222	245	250	220	215	205
Belgique .	55	72	76	70	71	81	45	63	70	58

Depuis 1880, nous trouvons pour la France :

ANNÉES	BETTERAVES travaillées	SUCRE produit	RENDEMENT en sucre pour 100 <sup>gr</sup> de betteraves
	Tonnes	Tonnes. Raffiné	Raffiné
1881-1882	6.362.000	393.219	6,18
1882-1883	6.937.000	423.194	6,10
1883-1884	7.328.000	473.671	6,60
1884-1885	4.512.000	308.410	6,87
1885-1886	3.450.000	290.000	8,40
1886-1887	4.900.000	506.384	8,86
1887-1888	3.614.632	347.785	9,62

En outre, pour les quatre dernières années, les surfaces cultivées en betteraves, le rendement à l'hectare, etc., sont donnés par le tableau suivant :

CAMPAGNES	SURFACES cultivées	RENDEMENT à l'hectare	PRODUCTION totale de betteraves	RENDEMENT en sucre pour 100	SUCRE total produit	FABRIQUES en activité
	Hectares	Kilog.	Tonnes			
1884-1885	100.000	31.289	4.512.000	6,87	308.410	449
1885-1886	117.000	29.457	3.450.000	8,40	290.000	413
1886-1887	154.000	31.900	4.900.000	8,86	506.384	391
1887-1888	180.000	20.000	3.614.632	9,62	347.785	375



Ces chiffres montrent que depuis la loi de 1884, la surface du sol cultivée en betteraves a constamment augmenté. Les fabricants ont rapidement accru leur rendement, et la conséquence en a été que la production du sucre en France est remontée promptement à son ancien niveau.

Mais pour arriver à ce résultat, la fabrication française a dû suivre le progrès et appliquer les nouveaux procédés sur lesquels nous avons précédemment insisté.

Au point de vue du classement de nos départements, voici ce que la statistique nous fournit pour 1888 :

DÉPARTEMENTS	PRODUCTION de betteraves	RENDEMENT en raffiné
—	Kilogrammes	Pour 100
Seine-et-Oise. . . . .	65.600.000	10,54
Seine-et-Marne. . . . .	224.000.000	10,25
Ardennes. . . . .	80.600.000	10,05
Oise. . . . .	316.209.000	10,02
Aisne. . . . .	934.335.000	9,80
Somme. . . . .	499.847.000	9,77
Nord. . . . .	850.674.000	9,19
Pas-de-Calais. . . . .	354.345.000	8,60
Divers. . . . .	292.000.000	10,12

La fabrication allemande nous fournit les chiffres suivants comme moyennes de 17 campagnes, de 1871 à 1888 :

	DE	A
Nombre d'usines en activité. . . . .	311	408
Nombre de machines à vapeur. . . . .	1.921	4.292
Force en chevaux. . . . .	18.162	58.770
Par la diffusion. . . . .	52	402
Par les presses. . . . .	220	3
Autres procédés. . . . .	43	1
Betteraves travaillées. . . . .	2.250	8.918 tonnes.
Rendement à l'hectare en betteraves. . . . .	20.000	34.000 kilog.
Rendement en sucre. . . . .	9 p. 100	13 p. 100

Si l'on cherche à tirer de la comparaison de ces chiffres quelques conclusions, on arrive à penser qu'il faut s'attacher à favoriser notre consommation intérieure, si l'on veut assurer la prospérité de cette précieuse et féconde industrie. Pour cela, il ne faut pas exagérer les droits sur cette matière de première consommation, le sucre. Il y va de l'avenir de la sucrerie française, dont les progrès sont si intimement liés à ceux de l'agriculture.

La législation allemande sur les sucres conduit les cultivateurs à rechercher non pas les grosses récoltes de betteraves, mais les gros rendements en sucre avec le minimum de poids de racines.

La loi allemande conduit donc logiquement à l'amélioration de la plante outil. Les cultivateurs sont forcément amenés à rechercher la plante qui sous le plus petit poids donne le plus de sucre, celle qui pour une quantité déterminée de matière organisée, condense sous forme de sucre, la plus grande masse de carbone d'hydrogène et d'oxygène.

Les variétés de betteraves sont cultivées, étudiées et analysées avec soin.

La législation française devrait offrir de semblables stimulants à cette belle industrie.

## CHAPITRE V

### SUCRES D'ÉRABLE, DE PALMIER, DE MAÏS, etc.

#### SUCRE D'ÉRABLE

Dans quelques contrées de l'Amérique du Nord, on retire du sucre cristallisable de la sève de l'érable à sucre (*acer saccharinum*). Cet arbre connu des Américains sous le nom de *maple sugar*, est un très grand arbre atteignant souvent une hauteur de 30 mètres.

C'est dans le courant de février ou au commencement de mars, au moment où la sève est en mouvement, que l'on procède à l'extraction du sucre. A cet effet, on choisit un endroit central; on élève un appentis désigné sous le nom de *sugar-camp*, où se trouvent les chaudières et les ouvriers. Quelques tarières, des tuyaux de surcrau, des seaux, deux ou trois chaudières de 60 litres, des moules pour recevoir le sirop et des haches pour fendre le combustible, tels sont les seuls instruments de cet industrie primitive. Les arbres sont perforés obliquement de bas en haut à 40 centimètres de terre; puis on recueille journellement la sève qui coule par ces trous. On la dépose dans des tonneaux et on la porte dans les chaudières où elle subit une concentration active jusqu'à ce qu'elle ait acquis une consistance sirupeuse. On coule le sirop dans des moules et on en retire un produit opaque, foncé, d'une saveur agréable qui, ainsi que la mélasse qui en provient se consomme en très grande partie dans le pays. La statistique de ce produit est difficile à établir; on peut estimer cependant que sa consommation s'élève à 20.000 tonnes, principalement au Canada.

#### SUCRE DE PALMIER

Le sucre de palmier se fabrique dans l'Inde, dans la province du Bengale, où cet arbre (*phenix sylvestris*) qui n'est autre que le dattier sauvage, est très commun, et atteint une grande hauteur. C'est dans la partie basse du Bengale, au milieu des terrains d'alluvion, que cet arbre à sucre se rencontre plus communément et y est exploité dans de meilleures conditions, en vue d'un produit

qu'on obtient par des procédés à peu près semblables à ceux dont on se sert pour l'érable. La récolte de la sève a lieu au commencement de novembre.

On pratique une incision à la partie supérieure de l'arbre; le jus sucré est recueilli dans des vases, puis on le concentre dans des chaudières en terre établies sous un abri grossier, jusqu'à ce qu'il ait atteint la consistance sirupeuse. Quand le suc est en cet état, on le verse dans des paniers d'osiers au fond desquels se trouve une terre poreuse qui permet à la mélasse de s'écouler et de laisser une couche de sucre granulé plus ou moins solide, qui subit dans des établissements spéciaux des transformations de nature à le rendre propre à la consommation ou à l'exportation.

La fabrication du sucre dans l'Inde est fort ancienne, mais elle y est restée stationnaire. Cette branche d'industrie reste uniquement exercée par les laboureurs ou *ryots* et par les petits fabricants indigènes, qui grâce à la division du travail, au prix fabuleusement bas de la main-d'œuvre arrivent à faire concurrence aux établissements à vapeur les mieux outillés.

La statistique de la fabrication du sucre dans l'Inde est également très difficile à établir. Les exportations pour l'Angleterre peuvent atteindre 100.000 tonnes. Grâce à sa fertilité si grande et à l'abondance des bras, le sol de l'Inde pourrait fournir à l'Europe une très grande quantité de sucre.

Le sucre était connu dans l'Inde, alors que l'Europe encore barbare ignorait jusqu'au nom de cette substance, et ce n'est qu'à l'époque de l'expédition d'Alexandre le Grand que les peuples d'Occident commencèrent à connaître réellement l'existence du sucre.

### SUCRE DE SORGHO

La plupart des espèces du genre *Houlque*, généralement confondues sous le nom de sorgho, renferment à l'époque de la maturité une grande quantité de matière sucrée dans le tissu cellulaire abondant qui forme la portion centrale de leur tige. La plus remarquable de toutes est le *sorgho saccharin*, pour laquelle l'exploitation du sucre peut devenir avantageuse.

La tige de cette plante est une véritable canne à sucre. Le sorgho desséché peut se conserver indéfiniment, être mis en réserve et servir à l'alimentation d'une fabrique pendant sept mois de chômage.

Par la dessiccation, le sorgho perd 70 p. 100 de son poids et diminue ainsi de 70 p. 100 les frais de transport.

L'extraction du sucre se pratique de la manière suivante. Les tiges ou cannes coupées au ras du sol, sont apportées à l'habitation où des femmes détachent les feuilles et séparent les panicules chargées de graines noires.

Les tiges dépouillées sont portées au moulin; là une roue hydraulique ou une machine à vapeur communique le mouvement et la puissance à trois cylindres en fonte placés horizontalement, dont deux superposés à un troisième, tournent ensemble dans un sens opposé à ce dernier. Les cannes introduites entre les cylindres, subissent deux pressions successives. Le suc s'en écoule et tombe dans un bassin inférieur où il est puisé par une pompe mise en mouvement par

la roue hydraulique. La bagasse est destinée à servir de litière et ensuite d'engrais.

A ce point de l'opération le jus ou vesou déféqué et évaporé, donne du sucre cristallisable.

### SUCRE DE MAÏS

Le docteur Pallas est le premier qui ait constaté l'existence du sucre cristallisable dans la tige du maïs, en 1837.

On a reconnu que le sucre, dont la quantité est peu considérable lorsqu'on laisse la plante passer par toutes les phases de la végétation, s'accumule dans son tissu en quantité beaucoup plus forte lorsqu'on enlève les efflorescences sans leur laisser le temps de se développer.

Voici des résultats obtenus à la presse hydraulique :

	TIGES CHATRÉES	TIGES NON CHATRÉES
Poids de la pulpe pressée . . .	3.700	3.555
Poids du marc après pression .	1.444	1.298
Poids du jus obtenu. . . . .	2 253	2.257

Le poids absolu du sucre cristallisable identique à celui de la canne à sucre est de 114 grammes par litre de jus.

Le rendement du maïs cultivé à Paris est de 10 p. 100; celui de la Nouvelle-Orléans, 47 p. 100.

## CHAPITRE VI

### GLUCOSE

La glucose cristallisée a pour composition  $C^{12}H^{12}O^{12}2HO$ . En rapprochant cette formule de celles qui représentent l'amidon, le ligneux, et les gommés, on voit que la glucose diffère seulement par les éléments de l'eau des corps neutres que nous venons de citer. L'amidon en se transformant en glucose éprouve simplement une hydratation. Mais avant de subir cette métamorphose, l'amidon passe généralement à l'état de dextrine qui, en s'hydratant, se transforme en glucose.

La glucose se sépare lentement de l'eau en petits cristaux mamelonnés. Elle se dépose de sa solution alcoolique en tables carrées ou cubes. Sa saveur est faiblement sucrée.

La chaleur ramollit la glucose à 60 degrés environ. A 100 degrés cette matière perd 2 équivalents d'eau et se caramélise à 170 degrés. Moins soluble dans l'eau que le sucre de canne, elle est soluble dans l'alcool en faible proportion.

Quand on fait traverser une dissolution de glucose par un rayon de lumière polarisée, on observe dans le plan de polarisation une série de nuances appartenant au spectre solaire. Si on donne à ce plan un mouvement de rotation de gauche à droite, la glucose est *dextrogyre*.

Le chlore ne réagit pas sur la glucose à la température ordinaire. A 100 degrés il y a décomposition. De l'acide chlorhydrique et de l'acide carbonique apparaissent, ainsi qu'une matière brune soluble dans l'eau et un acide incristallisable.

La glucose traitée par l'acide sulfurique se transforme en acide *sulfo-glucique*.

Elle se combine avec deux équivalents d'acide tartrique pour former l'acide *glucotartrique*. Avec l'acide citrique, on obtient l'acide *glucocitrique*. Chauffé pendant cinquante heures avec de l'acide acétique cristallisable, elle donne la *glucose acétique*. Ce dernier produit est un liquide neutre, huileux, incolore, soluble dans l'éther, dans l'alcool, et dans l'eau. L'action de la chaleur finit par enflammer la glucose acétique qui brûle sans laisser de résidu.

L'acide azotique change la glucose en acide oxalique et en acide oxysaccharique.

La glucose s'unit moins facilement avec les bases que le sucre de canne. Si on la traite par une dissolution chaude de potasse, on obtient une liqueur brune et des produits acides qui restent combinés avec la potasse.

M. Peligot a pu obtenir les glucosates de baryte, de chaux et de plomb.

Le peroxyde de plomb convertit la glucose en un mélange de formiate et de carbonate de plomb. Il se produit en même temps un dégagement d'acide carbonique.

La glucose réduit certaines dissolutions métalliques telles que le sulfate et l'acétate de cuivre, l'azotate de mercure, le bichlorure de mercure, l'azotate d'argent et le chlorure d'or.

Sous l'influence d'un ferment convenable, la glucose se transforme en alcool, en acide carbonique et en eau :



La glucose existe toute formée dans l'organisation végétale. On peut l'extraire du miel, des fruits acides et principalement du raisin. Elle existe également dans l'urine des diabétiques, et d'une manière générale on l'obtient en soumettant les matières neutres, ligneux, amidon, gommes, à l'action des acides faibles.

La glucose est employée dans la fabrication de la bière, de l'alcool; on l'utilise pour l'amélioration des vins faits avec des raisins peu murs. Les confiseurs s'en servent à la place de miel pour fabriquer le pain d'épice.

#### FABRICATION DE LA GLUCOSE

Pour fabriquer cette matière, on fait bouillir de l'amidon ou de la fécule délayée dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique, soit dans un vase ouvert en plomb ou en bois, soit dans un vase clos pourvu de tuyaux d'échappement de vapeur, que l'on chauffe un peu au-dessus de 100 degrés. Lorsque la fécule est saccharifiée, on neutralise l'acide au moyen de carbonate de chaux délayé dans l'eau.

On décante alors la liqueur sucrée; on la passe au travers de sacs et de filtres à charbon, et on l'évapore jusqu'à ce qu'elle acquière le degré voulu pour obtenir le sucre en sirop ou à l'état solide.

La glucose ainsi produite a une saveur amère et contient 25 p. 100 d'une matière gommeuse qui déprécie considérablement sa valeur.

Or, en soumettant l'amidon ou la fécule délayée dans l'eau acidulée à une température de 160 degrés, on obtient la transformation complète de la gomme en sucre, ainsi que la vaporisation et l'élimination de l'huile essentielle.

On emploie dans ce but une chaudière dite à conversion, construite en forte tôle pouvant résister à 6 atmosphères. L'intérieur est doublé en plomb et l'extérieur est recouvert d'une enveloppe isolante.

Le convertisseur est pourvu à l'intérieur d'un tuyau de vapeur percé de trous au travers desquels la vapeur d'eau pénètre jusqu'au mélange et le chauffe.

La partie supérieure porte un tube fermé par un robinet par lequel on intro-

duit la fécule délayée. Ce convertisseur est en outre garni de soupapes de sûreté, de niveaux d'eau et de vapeur, d'un robinet de vidange, d'un serpentin ou tuyau distillateur au travers duquel la vapeur à haute pression est chassée du convertisseur avec l'huile essentielle et les matières grasses empyreumatiques vaporisées et gazéifiées par la haute température à laquelle le mélange est soumis.

Dans ce mode de fabrication, on emploie les proportions suivantes de matières :

Amidon ou fécule. . . . .	1.000 kilogr.
Eau . . . . .	3.000 —
Acide sulfurique . . . . .	50 —
Carbonate de chaux . . . . .	75 —

L'opération se fait de la manière suivante :

On verse dans le convertisseur 25 kilogrammes d'acide sulfurique à 66 degrés étendu de 2.500 kilogrammes d'eau, et on chauffe à 100 degrés.

Pendant qu'on fait chauffer l'eau acidulée dans le convertisseur, on verse dans une cuve ouverte en bois pourvue d'un tuyau de vapeur et d'un agitateur les 2.500 kilogrammes d'eau restante additionnée de 25 kilogrammes d'acide et on chauffe à 30 degrés. Après quoi, on verse dans cette cuve les 1.000 kilogrammes d'amidon ou de fécule en agitant le mélange, et on élève la température à 48 degrés. Puis, la fécule, délayée et chauffée à 40 degrés, est versée dans le convertisseur, où l'eau acidulée est maintenue bouillante, et on continue à faire arriver la vapeur de manière à conserver au mélange une température de 100 degrés.

Lorsque toute la fécule est délayée et passée dans le convertisseur, on ferme le robinet du tuyau qui a servi à cette introduction, et on continue à faire arriver la vapeur jusqu'à ce que la température du mélange ait atteint 160 degrés. On a soin alors d'ouvrir immédiatement le robinet du serpentin, au travers duquel la vapeur s'échappe, entraînant au dehors l'huile essentielle et les matières grasses. Cette température de 160 degrés convertit la gomme en glucose.

La température est ensuite maintenue à 80 degrés dans le mélange jusqu'à ce qu'on se soit assuré, au moyen de l'iode, que tout l'amidon est converti, et au moyen du silicate de potasse ou de l'acétate de plomb qu'il n'y a plus de dextrine ou de gomme dans la liqueur saccharifiée.

Le temps nécessaire à la conversion varie de deux à quatre heures, suivant la qualité de l'amidon ou de la fécule.

Dès que l'on a constaté la saccharisation complète, on décante dans une cuve appelée cuve de neutralisation et pourvue d'un robinet de vidange et d'un agitateur. On procède à la neutralisation en versant par petites quantités à la fois, dans la cuve, les 75 kilogrammes de carbonate de chaux délayé dans 2 500 kilogrammes d'eau, en agitant la liqueur ; cette agitation accélère la neutralisation et provoque le dégagement de l'acide carbonique.

La liqueur saccharine neutralisée est ensuite abandonnée en repos pendant deux à quatre heures ; le sulfate de chaux se dépose au fond de la cuve.

La liqueur sucrée est décantée et reçue dans une bassine ouverte en fer appelée bassine à précipitation, afin de précipiter le sulfate de chaux qui reste encore en solution combiné à la liqueur sucrée.

Pour cela, on introduit dans la liqueur du gaz acide carbonique ou de l'oxalate d'ammoniaque. La liqueur est ensuite filtrée et reçue dans une bassine évaporatoire où on la transforme en sirop marquant 20 degrés Baumé. Ce sirop est ensuite purifié au moyen du sang desséché mélangé de charbon de bois en poudre, puis enfin filtré sur le charbon et concentré de nouveau à 28 degrés Baumé, ou à 38 degrés Baumé, si l'on veut fabriquer des massés.

Une fois refroidie, la glucose est livrée au commerce.

---



## CHAPITRE VII

### LÉVULOSE, SUCRE DE LAIT, MÉLÉZITOSE

#### LÉVULOSE. — SUCRE DE FRUITS LÉVOGYRE. — $C^{12}H^{12}O^{12}$ .

La lévulose existe, en général, dans la plupart des fruits, et alors associée avec la glucose à parties égales.

Ce mélange de lévulose et de glucose constitue le sucre interverti, que l'on peut obtenir artificiellement par l'action des acides étendus ou des ferments sur la saccharose.

La lévulose peut être obtenue à l'état de pureté en modifiant par les acides l'inuline isomère de l'amidon, et qui est contenue dans les racines d'aunée, de dahlia, de colchique, etc.

C'est un liquide sirupeux, incristallisable, très soluble dans l'eau et dans l'alcool aqueux, insoluble dans l'alcool absolu. La saveur sucrée est plus prononcée que celle de la glucose.

La lévulose réduit la liqueur de Fehling proportionnellement à son poids, et son pouvoir réducteur est égal à celui du sucre de raisin dextrogyre. Cette matière dévie à gauche le plan de polarisation. Son pouvoir rotatoire, rapporté à la teinte de passage et à la formule  $C^{12}H^{12}O^{12}$  est égal à 106 degrés à la température de 15 degrés.

Les acides étendus ne paraissent pas modifier la lévulose à 100 degrés.

Pour isoler le sucre interverti, on sature par du carbonate de chaux le suc acide du raisin, des groseilles, des prunes, etc... On ajoute à la liqueur de l'albumine, qui, en se coagulant, entraîne les matières en suspension dans la liqueur et en détermine la séparation. On évapore le liquide au bain-marie jusqu'à siccité; on reprend le résidu par l'alcool et l'on dessèche à 100 degrés.

L'extrait ainsi obtenu est du sucre incristallisable à peu près pur.

#### LACTOSE. — $C^{24}H^{24}O^{24}$ .

La lactose, ou sucre de lait, se présente en cristaux prismatiques à quatre pans, terminés par des sommets à quatre faces. Cette substance possède une saveur douce et agréable; sa densité est 1,543; elle dévie à droite la lumière polarisée.

Chauffé à 120 degrés, le sucre de lait perd deux équivalents d'eau sans entrer en fusion, mais à 170 degrés il se transforme en acides bruns.

Sa dissolution dans l'eau produit une élévation de température. Inaltérable à l'air, insoluble dans l'alcool et dans l'éther, ce sucre est transformé en glucose, ou mieux en *galactose*, par les acides étendus.

Les acides concentrés colorent le sucre de lait et produisent de l'acide ulmique; l'acide azotique le convertit en acide oxalique, en acides mucique et tartrique.

Le sucre de lait se dissout sans s'oxyder dans un mélange d'acides azotique et sulfurique concentrés; si l'on verse de l'eau dans la liqueur, il se précipite une substance azotée soluble dans l'alcool bouillant, qui cristallise facilement et détone avec violence au-dessus de 100 degrés.

La lactose se combine avec les alcalis, ainsi qu'avec l'oxyde de plomb. Les sels de cuivre, d'argent et de mercure sont réduits en présence de la potasse.

Le sucre de lait se rencontre dans le lait des mammifères et même dans celui des carnivores. Pour l'extraire, on traite le lait par un acide qui détermine la coagulation du caséum; en évaporant convenablement la liqueur filtrée, on obtient des cristaux de sucre de lait.

#### MÉLÉZITOSE. — $C^{12}H^{11}O^{11}$ .

La manne de Briançon produite par le mélèze contient une variété de sucre qui a reçu ce nom.

La mélézitose se présente sous la forme de très petits cristaux durs et brillants. Leur goût est sucré, analogue à celui de la glucose. Séchée à 110 degrés, cette substance présente la même composition que le sucre de canne. Au-dessous de 140 degrés, elle se transforme en un liquide transparent qui, par le refroidissement, se solidifie en une masse vitreuse semblable à du sucre d'orge. Vers 200 degrés, elle se décompose comme les sucres que nous venons d'étudier.

Très soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther, presque insoluble dans l'alcool froid, peu soluble dans l'alcool bouillant, la mélézitose se précipite lentement de sa solution concentrée lorsqu'on y ajoute de l'alcool absolu. Cette substance est dextrogyre comme le sucre de canne; son pouvoir rotatoire, rapporté à la teinte de passage, est égal à 94 degrés.

Les réactions générales sont tout à fait semblables à celles du sucre de canne.

M. Berthelot a obtenu la mélézitose en traitant la manne de Briançon par l'alcool bouillant. La liqueur sirupeuse est évaporée à consistance d'extrait et abandonnée à elle-même pendant plusieurs semaines. La cristallisation s'opère; on la comprime, on la lave avec de l'alcool tiède, et on la fait recristalliser dans l'alcool bouillant.

## TITRE II

---

### DEUXIÈME CLASSE DE SUCRES

---

#### CHAPITRE VIII

---

#### **SORBINE, INOSITE, etc.**

---

##### SORBINE. — $C^{12}H^{12}O^{12}$ .

La sorbine cristallise en octaèdres rectangulaires brillants et transparents. Sa densité est égale à 1,65 et sa saveur fraîchement sucrée et très prononcée. Ce sucre est lévogyre, son pouvoir rotatoire est égal à 47 degrés à la température de 7 degrés centigrades.

L'acide chlorhydrique à 100 degrés transforme la sorbine en une matière brune. L'acide sulfurique la colore en rouge et l'acide azotique bouillant la convertit en acide oxalique.

La dissolution aqueuse de sorbine ne fermente pas au contact de la levure de bière; elle dissout la baryte et la chaux, ainsi que l'oxyde de plomb.

On peut extraire la sorbine des baies de sorbier de la manière suivante :

Le suc de ces fruits ayant été abandonné à lui-même pendant une année, il s'y forme successivement plusieurs dépôts, puis la liqueur s'éclaircit. On évapore lentement cette liqueur jusqu'à consistance sirupeuse, et l'on voit se déposer des cristaux de sorbine colorés en bruns. Ces cristaux, traités par le noir animal et soumis à une nouvelle cristallisation, deviennent incolores.

##### INOSITE. — $C^{12}H^{12}O^{12}4HO$ .

L'inosite présente l'aspect d'aiguilles prismatiques incolores qui perdent leur transparence au contact de l'air. La densité de ces cristaux est 1,115. Vers 220 degrés, ils se convertissent en un liquide limpide qui se solidifie par refroidis-

sement. Ces cristaux sont très solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool et insolubles dans l'éther.

La dissolution d'inosite est sans action sur la lumière polarisée. L'acide chlorhydrique n'altère pas à froid cette substance, l'acide sulfurique concentré la charbonne.

L'acide azotique bouillant convertit l'inosite en acide oxalique.

Cette matière sucrée peut être obtenue en préparant avec les haricots verts un extrait aqueux qui doit être réduit au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse et en ajoutant de l'alcool à 90 degrés jusqu'à ce qu'il se produise dans le sein du liquide un trouble permanent. Au bout de quelques jours il se dépose des croûtes cristallines d'inosite impure qui peuvent être purifiées par un traitement au noir animal et une nouvelle cristallisation.

## TITRE III

---

### CHAPITRE IX

---

#### MANNITE, DULCITE, PINITE, SACCHARINE, etc.

---

MANNITE. —  $C^6H^{12}O^4 \cdot 2HO$ .

Cette substance, découverte par Proust, en 1806, se dépose de sa dissolution alcoolique en prismes quadrangulaires anhydres, d'un éclat soyeux et d'une saveur sucrée.

Maintenue en fusion à 140 degrés, elle se sublime en petite quantité; à 200 degrés, elle bout, dégage une eau odorante et se transforme partiellement en mannitane  $C^6H^8O^2$ .

La mannite est très soluble dans l'eau et l'alcool, et réduit à chaud les sels d'argent et d'or.

L'acide azotique la transforme en acide oxalique. Chauffée pendant plusieurs heures entre 200 et 250 degrés avec les acides acétique, benzoïque, butyrique, etc., elle forme des combinaisons neutres analogues aux corps gras neutres.

La mannite se combine avec la potasse, la baryte, la chaux et la strontiane.

Les dissolutions de mannite se comportent avec la chaux comme celles de sucre de canne.

Cette substance se distingue des sucres proprement dits en ce qu'elle ne fermente pas au contact de la levure de bière. Elle ne donne pas de sucre incristallisable par l'action des acides et n'exerce sur la lumière polarisée qu'une action lévogyre excessivement faible, 13° à peine.

Sous certaines influences, en présence, par exemple, de l'albumine, de la caséine, de la gélatine, etc., la mannite peut se transformer en sucre proprement dit fermentescible.

La mannite existe en abondance dans la manne, suc récolté sur deux espèces de frênes de Sicile.

On la rencontre également dans plusieurs champignons, dans les algues, le céleri, le chiendent, la cannelle, etc...

On l'obtient facilement en traitant la manne par l'alcool.

DULCITE. —  $C^{12}H^{14}O^{12}$ .

La dulcite, ou dulcose, se présente sous forme de prismes brillants incolores et inodores, qui ont une saveur légèrement sucrée. Elle fond à 180 degrés et peut être sublimée en partie. A 230 degrés elle se décompose sans laisser de résidu. Soluble dans l'eau, elle est presque insoluble dans l'alcool absolu. Sa dissolution n'exerce aucune action sur la lumière polarisée.

Les acides sulfurique et chlorhydrique ne carbonisent point la dulcite à 100 degrés. Vers 200 degrés elle se combine avec les acides acétique, butyrique, stéarique, etc. Les dissolutions se combinent avec la chaux et la baryte, mais elles ne réduisent pas à 100 degrés le tartrate cupropotassique, même après ébullition avec de l'acide sulfurique étendu.

La dulcite peut s'extraire d'une plante de Madagascar que l'on traite par l'eau bouillante; la liqueur filtrée dépose en se refroidissant de beaux cristaux.

PINITE. —  $C^{12}H^{12}O^{10}$ .

Cette substance est isomère de la mannitane et de la dulcitane. Elle est neutre, incolore; sa saveur est franchement sucrée; sa densité est égale à 1,5. Très soluble dans l'eau, complètement insoluble dans l'alcool anhydre et le chloroforme.

La pinite est dextrogyre, son pouvoir rotatoire, rapporté à la teinte de passage, est égal à 38°,6; elle peut être chauffée à 150 degrés sans altération. Vers 230 degrés, elle se décompose en dégageant une odeur de caramel. Elle ne réduit pas le tartrate double de cuivre et de potasse.

L'acide chlorhydrique la dissout sans l'altérer. Il en est de même de l'acide sulfurique.

L'acide azotique réagit à chaud en formant des composés nitrés divers, et de l'acide oxalique.

La potasse, l'ammoniaque et la baryte n'altèrent pas la pinite à froid. La chaux se combine à sa dissolution aqueuse.

La pinite existe dans une matière sucrée particulière qui exsude d'un pin de Californie.

Pour la retirer de cette exsudation, il faut la traiter par l'eau tiède, filtrer sur le noir animal, et abandonner à l'évaporation spontanée. Lorsque la liqueur est à l'état sirupeux, les cristaux de pinite s'y développent lentement; on les enlève et on les dessèche, puis on les soumet à deux nouvelles cristallisations. Finalement les cristaux obtenus ont la plus grande analogie avec le sucre de canne.

SACCHARINE. —  $C^{12}H^{11}O^{11}$ .

Nous classons ici ce corps intéressant dont on s'occupe tant depuis quelque temps, puisque ses caractères essentiels sont sa stabilité relative et l'inertie qu'elle présente aux agents qui agissent d'une manière spéciale sur les matières sucrées. Elle ne fermente pas, elle est volatile presque sans décomposition.

La *saccharine*, découverte par M. Peligot n'a pas de saveur sucrée. Peu soluble dans l'eau froide, elle se dissout en grande quantité dans l'eau bouillante. Elle ne réduit pas la solution tartro-alkaline de cuivre, et elle ne peut pas se transformer en sucre fermentescibles lorsqu'on la soumet à une ébullition prolongée en présence de l'acide sulfurique dilué.

Une dissolution très concentrée de potasse caustique reste sans action même à chaud sur la *saccharine*. Avec la chaux, on peut obtenir un corps analogue au sucrate de chaux, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool.

L'acide azotique très concentré agit sur la *saccharine*; l'un des produits formés est de l'acide oxalique.

La *saccharine* est dextrogyre; son pouvoir rotatoire est égal à  $93^{\circ},5'$ . Dans les mêmes conditions le pouvoir rotatoire du sucre ordinaire est égal à  $67^{\circ},48'$ .

On peut la préparer de la manière suivante :

Dans une dissolution de glucose et de chaux, qu'on a fait bouillir et filtrer, on ajoute assez d'acide oxalique pour précipiter la chaux. On filtre et on évapore à consistance sirupeuse.

On obtient ainsi au bout d'un certain temps un magma cristallin que l'on redissout dans l'eau chaude; la liqueur jaunâtre obtenue est décolorée sur du noir animal, puis, par évaporation spontanée, on obtient des prismes très volumineux de *saccharine*.

La *saccharine* s'obtient encore plus facilement au moyen de lévulosate de chaux cristallisé que par l'emploi du sucre interverti ou de la glucose.

Lorsque ce sel a été recueilli sur le filtre, on traite celui-ci par l'eau bouillante qui y laisse une partie du précipité jaune chamois résultant de la décomposition du produit calcaire. La liqueur filtrée est portée à l'ébullition jusqu'à ce que ce même précipité cesse de se produire; filtrée à nouveau et concentrée après addition d'une quantité d'acide oxalique équivalente à la chaux qu'elle renferme, elle fournit au bout de quelques heures une abondante cristallisation de *saccharine*.

La présence de la *saccharine* est admise aujourd'hui non seulement dans les mélasses provenant de sucrateries dans lesquelles on a traité les mélasses par des alcalis (baryte, chaux, strontiane), mais aussi dans les mélasses normales de fabrication. Dans certaines années, le jus normal de la betterave renferme plus ou moins du sucre interverti, puis à la fin d'une campagne trop longtemps prolongée, on en trouve aussi dans les jus. L'action de la chaux produit alors certainement de la *saccharine*.

Dans ces conditions, ses propriétés optiques doivent jeter quelques troubles dans les indications du saccharimètre et dans les analyses de sucres, dont nous allons maintenant nous occuper.

---





## TITRE IV

---

### ANALYSES

---

### CHAPITRE X

---

#### CONTROLE ANALYTIQUE DE LA FABRICATION

---

Avant de nous occuper des procédés d'analyse employés pour déterminer la richesse des betteraves, pour titrer les jus, les sirops, les mélasses, etc..., pour analyser enfin les divers sucres soit au point de vue commercial, soit au point de vue purement scientifique, nous pensons donner des renseignements intéressants pour la fabrication proprement dite, en suivant avec M. Vivien cette fabrication dans ses différentes phases, et montrant comment, pour chacune d'elles, on peut se rendre compte par quelques essais très pratiques du bon fonctionnement des opérations.

**Essai des jus chaulés.** — Il est tout d'abord nécessaire de vérifier la quantité de lait de chaux contenu :

- 1° Dans les jus venant des râperies ;
- 2° Dans les jus avant la première carbonatation ;
- 3° Dans les jus avant la seconde carbonatation.

Pour y arriver, on emploie une éprouvette graduée, une mesure en étain, et la liqueur lactocalcimétrique Vivien. L'essai se fait de la manière suivante :

Emplir la mesure en étain avec le jus à essayer et verser son contenu dans le bocal à saturation.

Emplir l'éprouvette jusqu'au 0 avec la liqueur titrée, puis verser goutte à goutte cette liqueur dans le jus en agitant lentement ; la teinte est d'abord rose lilas, elle disparaît dès que l'opération est terminée.

On lit alors sur l'éprouvette la quantité de liquide versé. Le nombre lu indique en litres la quantité de lait de chaux à 20 degrés Baumé contenu dans un hectolitre de jus chaulé.

**Essai du lait de chaux.** — La même liqueur peut servir à doser la quantité de chaux pure contenue dans le lait employé. Pour cela, on prend un litre du lait à essayer, on y ajoute quatre litres d'eau distillée; on agite et on opère comme précédemment. — La liqueur devient d'abord rouge, puis blanche, on arrête, et le nombre de divisions de liqueur lactocalcimétrique employée, indique le nombre de kilogrammes de chaux vive réelle contenu dans un hectolitre de lait de chaux essayé.

**Alcalinité des jus et des sirops.** — Dans cet essai, on emploie la même liqueur sulfurique blanche à la phtaléine vulgarisée par M. Vivien.

Dans un tube divisé en 25 parties égales, on met du jus jusqu'au 0, et avec une pipette on ajoute la liqueur alcalimétrique. Le liquide se colore d'abord en rouge, puis redevient incolore à la partie supérieure. On retourne le tube-éprouvette; si le liquide reste rouge, on continue à verser la liqueur titrée en mélangeant de temps en temps. Dès que la teinte rouge a disparu, toute la chaux est saturée. Cette liqueur est titrée de telle sorte que si un jus sucré est neutralisé volume à volume, ce jus contient 0<sup>sr</sup>,500 de chaux par litre. Si donc on a employé dans le tube un volume de liqueur titrée double du volume occupé par le jus, ce jus contiendra 1 gramme de chaux par litre, et ainsi proportionnellement.

Pour la seconde carbonatation, on emploie une liqueur deux fois plus étendue. La phtaléine du phénol étant décolorée par l'acide carbonique, cette liqueur ne donne pas le titre alcalimétrique exact pour les jus de seconde carbonatation. Elle est alors remplacée par la liqueur Le Docte, titrée de telle sorte que 1 centimètre cube dans 25 centimètres cubes représente 1 gramme de chaux par litre. L'indicateur est de l'acide rosolique neutralisé. Cette liqueur est introduite dans un flacon burette Pellet (fig. 130). En pressant sur la poire de caoutchouc, le liquide monte dans l'éprouvette K qu'il remplit toujours exactement jusqu'au 0, le surplus étant réintroduit dans le flacon par le tube-siphon *g*.



Fig. 130.

25 centimètres cubes de jus ou sirop sont versés dans un verre, puis colorés par une goutte d'acide rosolique neutralisé, puis on introduit la liqueur titrée jusqu'à virement du rouge en jaune clair. Si l'on a versé 11<sup>cc</sup>,3 de liqueur titrée, on en conclura que le jus contient 1<sup>sr</sup>,13 d'alcalinité exprimée en chaux, par litre.

Si l'essai sur les jus ou sirops indique une trop faible alcalinité, et surtout si la teinte rouge n'apparaît pas à la première addition de liqueur, il faut craindre la fermentation. On pousse alors un peu moins la

seconde carbonatation, et on l'arrête lorsque l'alcalinité est au maximum 1/1000.

Si, au contraire, l'essai indique une trop grande alcalinité, on y remédie en poussant plus loin la seconde carbonatation sans rien changer à la première.

**Action du noir.** — Si l'on veut apprécier la bonne revivification du noir, on prend tous les quarts d'heure pendant la durée du travail d'un filtre un petit flacon rempli de jus, avant et après la filtration. On réunit les diverses prises d'essai et on a ainsi une moyenne de la qualité du jus ou du sirop avant et après l'action du filtre. On détermine la différence d'alcalinité, la différence d'action décolorante, et l'action du filtre sera ainsi facilement appréciée.

## CHAPITRE XI

## ANALYSE DES BETTERAVES

Le fabricant de sucre doit pouvoir se rendre compte avec exactitude et facilité des quantités d'eau, de cendres et de sucre renfermées dans les betteraves qu'il traite.

Tout d'abord, le procédé empirique suivant peut guider dans l'appréciation de la richesse saccharine de la betterave.

Avec une lame quelconque, on entame légèrement la pelure de la betterave à la partie inférieure du pivot, c'est-à-dire au-dessous du collet, puis au bout de deux ou trois minutes, on voit si une coloration se montre sur les parties entamées par la lame. Plus la coloration en rouge sera prononcée, meilleure sera la betterave. Ainsi une nuance rouge sang indiquera une densité très élevée, tandis qu'une coloration rose dénotera une densité très faible.

Ce procédé est très bon pour le fabricant qui veut se rendre compte d'une manière rapide et simple de la qualité des betteraves qu'il achète.

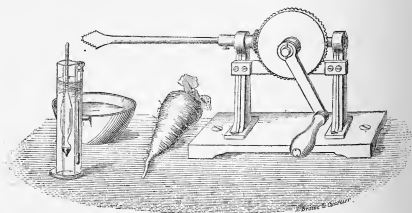


Fig. 151.

D'autre part, M. Champonnois a imaginé un petit appareil qui permet de faire très rapidement l'essai des betteraves au moyen de la densité du jus.

Cet appareil se compose d'un foret denté, rotatif, en bronze, animé d'une vitesse de 500 à 600 tours par minute. La largeur du foret est de 25 millimètres

et sa longueur suffisante pour perforer la plus grosse betterave à sucre. La figure 151 donne une idée de ce petit outil. La betterave est percée au quart de la hauteur au-dessous du collet, et chaque opération donne de 15 à 20 grammes de pulpe suivant la dimension de la racine.

Avec dix ou douze betteraves, on a suffisamment de pulpe pour obtenir un volume de jus assez considérable pour l'essai. Une fois la pulpe obtenue, on la presse entre les mains ou dans un sac de laine disposé à cet effet, et le jus est recueilli dans une petite éprouvette où sera prise sa densité.

Un tableau spécial fait connaître approximativement la richesse saccharine du jus, d'après la densité observée.

#### DOSAGE DIRECT DU SUCRE DANS LA BETTERAVE PAR LA DIGESTION AQUEUSE PELLET

Il y a longtemps que l'on cherche un procédé exact et rapide pour doser directement le sucre contenu dans les betteraves. Scheibler, Soxhlet, Stammer et d'autres chimistes ont préconisé la digestion et l'épuisement alcooliques; en France, l'emploi de l'alcool pour cet usage ne s'est pas répandu.

M. Pellet a résolu très pratiquement le problème de la détermination directe du sucre dans la betterave par sa méthode de digestion aqueuse que nous allons décrire brièvement, d'après M. Dupont :

On commence par ranger les betteraves suivant leur grosseur; on prélève ensuite la première, la quatrième, la septième, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité de la rangée. On a ainsi de 12 à 18 racines représentant un échantillon moyen.

Ceci fait, on passe les betteraves à la râpe, qui donne un échantillon proportionnel de chaque racine.

La pulpe est alors mélangée dans une terrine, puis on en prélève un échantillon de 200 grammes que l'on place dans une capsule en porcelaine recouverte d'une plaque de verre pour éviter la perte d'eau. Cette capsule est numérotée.

Dans une capsule de nickel, on pèse de cette pulpe une ou deux fois le poids normal nécessité par le saccharimètre que l'on possède, et on le met dans un ballon spécial diffuseur. On ajoute alors de 5 à 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb à 30 degrés Baumé. La quantité de plomb varie suivant les betteraves. Le liquide doit être limpide et alcalin.

Pour les betteraves normales, on met de 5 à 7 centimètres cubes pour 50 grammes environ. Avec des betteraves moins mûres, il faut de 10 à 15 centimètres cubes de sel de plomb. On abat ensuite la mousse avec un peu d'éther.

Le volume du liquide dans le ballon est étendu à 200 centimètres cubes environ, puis le ballon porte le même numéro que la capsule en porcelaine qui a fourni l'échantillon. Le tout est porté ensuite pendant trente minutes environ à la température du 8 degrés dans un bain-marie, puis la mousse est abattue à plusieurs reprises par quelques gouttes d'éther.

Le volume du liquide est exactement complété à 200 centimètres cubes, puis on agite et on filtre. L'acidification se fait par une ou deux gouttes d'acide acétique cristallisable, puis on polarise au tube de 0<sup>m</sup>,40. (Nous allons voir très pro-

chainement ce que l'on entend par là.) Ordinairement, on pèse une fois le poids normal de pulpe, 16<sup>gr</sup>,20, ou deux fois le poids normal, 32<sup>gr</sup>,40, et on fait dans le premier cas un volume de 200<sup>cc</sup>,7, et dans le second, 201<sup>cc</sup>,4, pour tenir compte du volume occupé par le marc.

Ainsi donc, avec le tube de 0<sup>m</sup>,40 en lisant au saccharimètre, on a, dans le premier cas, exactement la richesse de la betterave avec une grande précision, et dans le second cas, on a le double de la richesse. En se servant du tube de 0<sup>m</sup>,40 dans le premier cas, et du tube de 0<sup>m</sup>,20 dans le second, on a immédiatement la richesse en sucre exacte et directe de la betterave, et par 100 kilogrammes, sans s'occuper de la richesse du jus, de la proportion du jus, etc.....

Pour exécuter un certain nombre d'essais à la fois, on a des bains-marie à plusieurs cases.

Veut-on appliquer ce procédé aux cossettes de diffusion; sur chaque diffuseur, on prélève une poignée de cossettes que l'on place dans une boîte métallique fermant hermétiquement. Deux heures après ces cossettes sont mélangées; on en prend une poignée qu'on passe au hache-viande à lames mobiles. La matière hachée est mélangée, puis on en pèse le double poids normal et on opère comme avec la pulpe de betterave.

On a donc immédiatement la richesse de la cossette entrée en fabrication.

Afin d'opérer plus rapidement, M. Pellet a indiqué une nouvelle méthode de digestion aqueuse instantanée et à froid qui donne de bons résultats.

Elle diffère très peu de la méthode que nous venons d'indiquer, seulement on ne chauffe pas. Pour éviter le chauffage, on doit avoir une râpure très fine sans atteindre cependant la crème nécessaire pour les procédés à l'alcool et à froid.

Ces méthodes sont également applicables avec facilité à l'analyse des portegraines.

**Dosage de l'eau.** — Il suffit d'introduire dans une capsule de platine tarée une dizaine de grammes de pulpe échantillon moyen, puis de maintenir à l'étuve à 110 degrés jusqu'à ce que la capsule ne varie plus de poids. La différence entre les poids extrêmes indique la quantité d'eau totale que renfermait la pulpe.

On opère de même si l'on veut déterminer la quantité d'eau restante dans la pulpe après l'extraction du jus.

**Dosage des cendres.** — Cet essai peut se faire à la suite du précédent; une fois la pulpe desséchée, ne variant plus de poids, on porte la capsule à la température suffisante pour incinérer complètement le résidu sec, puis la calcination terminée, on pèse rapidement.

**Dosage de l'azote dans les pulpes, procédé Paul Charpentier.** — Lorsqu'il s'agit de déterminer la valeur d'une pulpe comme engrais ou comme nourriture des bestiaux, le dosage de l'azote qu'elle renferme devient intéressant.

Pour y procéder, on prend la matière qui a été desséchée précédemment à l'étuve, on la pulvérise et on en pèse 1 gramme, qui est mélangé avec la chaux

sodée, puis brûlé dans le tube à combustion ordinaire avec toutes les précautions suivies généralement dans les analyses organiques.

Les vapeurs ammoniacales produites au lieu d'être dirigées dans la liqueur sulfurique ordinairement employée, sont reçues, d'après la méthode d'analyse que nous avons donnée il y a bientôt vingt ans, dans une dissolution de sesquisulfocyanure de fer rouge sang (1). Cette dissolution aura été préparée de façon à contenir plutôt un excès de sulfocyanure d'ammonium libre et telle que 100 centimètres cubes nécessiteront pour se décolorer entièrement 100 centimètres cubes d'une dissolution d'ammoniaque dans l'eau renfermant par exemple un poids  $p$  d'azote par dixième de litre.

Les vapeurs ammoniacales condensées dans cette dissolution titrée, commenceront par précipiter le sesquioxyde de fer, mais si on s'est arrangé de façon à ce que toute l'ammoniaque dégagée dans l'analyse en question soit insuffisante pour amener la décoloration complète du sesquisulfocyanure de fer, on attendra que toute l'ammoniaque ait traversé la liqueur et s'y soit dissoute en réagissant, puis on ajoutera peu à peu la dissolution ammoniacale titrée à l'avance.

Supposons, que pour arriver à la décoloration complète, il faille ajouter 15 centimètres cubes; l'ammoniaque provenant de la matière à analyser, équivaldra donc à  $100 - 15 = 85$  centimètres cubes de l'ammoniaque titrée, et comme 100 de cette dissolution titrée renferment  $p$  d'azote, les 85 renfermeront

$$p' = \frac{85}{100} p.$$

Ce sera le poids de l'azote contenu dans la matière essayée, et si comme nous l'avons fait, nous avons pris  $p = 1$  gramme, on aura en grammes

$$p' = 0^{\text{gr}},85,$$

et généralement si  $n'$  est le nombre de divisions à verser pour atteindre la fin de l'opération et  $n$  le nombre de divisions ou centimètres cubes auquel correspond la quantité d'ammoniaque dégagée, on a :

$$\begin{aligned} 100 - n' &= n, \\ p' &= \frac{100 - n'}{100} = \frac{n}{100}, \end{aligned}$$

$n'$  est le nombre lu sur la burette. En divisant par 100 son complément à 100, c'est-à-dire par une simple lecture en somme, on aura du premier coup en grammes et en centièmes la teneur en azote de la matière à analyser.

---

(1) *Nouvelles méthodes d'analyse volumétrique par les sulfocyanures alcalins pour le dosage du fer, des alcalis, des acides minéraux, de l'argent, de l'azote, du mercure, des oxydes de manganèse.* (Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, 1870.) (Comptes rendus de l'Académie des sciences).

## CHAPITRE XII

### ANALYSE DES SUCRES

#### PROCÉDÉS SACCHARIMÉTRIQUES

L'élément principal des sucres bruts, celui que la consommation recherche, à l'exclusion de tout autre, est la saccharose. Nous avons indiqué ses principales propriétés au début de ce mémoire.

C'est chose généralement admise aujourd'hui que dans les mélasses et par conséquent dans les sucres bruts, la saccharose se rencontre mais en faibles proportions, à l'état de combinaison, soit avec des bases alcalines ou terreuses constituant des sucres gommeux nuisibles au travail du sucrier et du raffineur, soit avec certains sels, notamment les chlorures.

À côté de la saccharose se présente dans les sucres bruts une autre matière sucrée dont nous avons parlé, la glucose ou autrement dit le sucre réducteur. Nous rappellerons la principale propriété chimique de ce sucre longtemps considéré comme étant du sucre inverti. Il réduit rapidement dès la température de 80 degrés, les solutions alcalines d'oxyde de cuivre, et sépare de ces solutions une quantité de protoxyde de cuivre rouge, insoluble, proportionnelle à la quantité de glucose qui intervient dans la réaction.

À ces deux matières sucrées viennent s'ajouter dans les sucres bruts, ainsi que dans les mélanges qui en proviennent, des substances organiques neutres, des sels formés par des bases minérales : potasse, soude, chaux avec les acides organiques, pectique, glucique, malique, etc., et enfin des sels minéraux divers.

Tels sont les éléments dont le chimiste doit se préoccuper lorsqu'il se propose de déterminer par l'analyse la composition des sucres commerciaux.

De nombreux procédés ont été proposés pour l'analyse des sucres, mais il en est peu qui aient une véritable valeur pratique.

Nous inspirant de l'important rapport de M. A. Girard, sur cette question, rapport fait au nom d'une commission ministérielle qui comprenait MM. Bardy, de Luynes, Girard et Riche, nous signalerons et décrirons les quatre procédés suivants :

1° Le procédé reposant sur le lavage des sucres bruts au moyen de liqueurs acétalcooliques et sucrées, lavage dont la première idée est due à Payen, et sur l'emploi duquel MM. Scheibler et Gunning ont fondé des méthodes qui sont dignes d'attention ;



2° Un procédé rapide proposé en 1851 par Dumas et qui, basé aussi sur le lavage des sucres, mais faisant ensuite appel aux évaluations aréométriques, donne dans un grand nombre de cas des résultats satisfaisants;

3° Le procédé adopté par le commerce des sucres, et reposant sur l'emploi simultané de l'incinération proposée dès 1851 par Dubrunfaut et par M. Peligot, et de la saccharimétrie optique proposée à la même époque par Biot;

4° Enfin, la méthode proposée en 1851 et que l'on désigne habituellement sous le nom de méthode par différence, basée sur le titrage saccharimétrique seul.

**Procédés basés sur le lavage des sucres.** — Ce fut Payen qui le premier conseilla, en 1845, d'éliminer des sucres bruts, par le lavage alcoolique, la mélasse qui les impregnait. Ce procédé consiste à soumettre un poids donné de sucre, par exemple 10 grammes, d'abord à l'action de l'alcool absolu qui enlèvera la petite quantité d'eau contenue, puis à traiter le produit ainsi lavé par une solution alcoolique saturée de sucre et additionnée d'acide acétique, de façon à dissoudre le sirop mélassique sans toucher au sucre cristallisé, enfin à laver à nouveau le sucre dans de l'alcool à 98 degrés, et à peser le résidu séché.

M. Scheibler a repris et perfectionné cette méthode, en multipliant les liquides de lavage de manière à en graduer l'action et en faisant finalement intervenir le polarimètre.

Après les lavages, le résidu pesé est considéré comme renfermant tout le sucre pur cristallisé contenu dans le sucre brut. Mais ce résidu peut retenir encore divers sels; on le soumet alors à un second essai saccharimétrique.

Connaissant le dernier titre saccharimétrique et le poids du résidu, on peut calculer facilement la richesse en sucre de celui-ci; en retranchant ce dernier nombre du titre saccharimétrique trouvé pour le sucre brut, on aura par la différence la quantité de sucre entraînée dans les mélasses.

Des nombreux essais faits par MM. de Luynes et A. Girard, il résulte que le sucre épuisé par le lavage reste encore mélangé avec une proportion de matières minérales souvent considérable et cela surtout pour les sortes inférieures.

Au point de vue pratique, il faut aussi signaler dans cette méthode, la longueur et la complication des opérations.

M. Gunning, en modifiant ce procédé, se place à un point de vue beaucoup plus simple. Il prend le poids de sucre qu'exige l'essai polarimétrique, le lave au moyen des liqueurs que nous avons indiquées, puis, sans peser le résidu qu'a laissé le lavage de la première pesée, il en détermine la richesse au polarimètre, et c'est le chiffre de richesse ainsi constaté, qui représente le rendement théorique au raffinage.

Mais le principe sur lequel repose cette méthode n'est pas plus exact que celui du procédé Scheibler. Le sucre brut, et surtout le sucre extrait de la canne, s'altèrent spontanément pendant les opérations même du raffinage, et l'on voit alors les proportions de sucre cristallisable diminuer, et celles de sucre incristallisable augmenter, sans qu'il soit nécessaire de considérer les imperfections du raffinage.

**Procédé Dumas.** — Ce procédé n'est qu'un moyen d'essai approximatif permettant d'opérer avec une grande rapidité.

Le sucre bien mélangé est mis en contact avec la solution acétoalcoolique de Payen. Il y reste insoluble; les impuretés, au contraire, s'y dissolvent en augmentant la densité proportionnellement à la quantité que le sucre brut en contient. En comparant donc la densité initiale de la liqueur avec la densité qu'elle possède après le lavage, on parvient à une évaluation assez approchée des matières autres que le sucre cristallisé.

Pour les sucres supérieurs, ce mode de faire fournit des résultats presque identiques à ceux que donne le titrage saccharimétrique direct.

Mais pour des produits inférieurs, on a des différences pouvant dépasser 5 p. 100.

**Procédé saccharimétrique proprement dit.** — Dans ce système d'analyse universellement adopté, l'évaluation du rendement dépend du dosage du sucre *cristallisable*, que le brut contient aussi bien à l'état de sirop qu'à l'état cristallisé.

Le dosage du sucre cristallisable, celui du sucre réducteur ou glucose, ont lieu directement et sans qu'il soit nécessaire de placer à côté des résultats aucune interprétation particulière. Mais il n'en est pas de même du dosage des impuretés autres que la glucose. Ces matières, en effet, sont de deux sortes; les unes organiques, les autres minérales.

L'expérience a appris que, dans les sucres bruts, les impuretés organiques (autres que la glucose) et les impuretés générales se présentent toujours dans un rapport à peu près constant, si bien que les impuretés minérales dont le dosage est facile, peuvent être considérées comme des témoins proportionnels des impuretés totales, et que du poids constaté de celles-là, il est permis de conclure à la proportion de celles-ci.

La méthode basée sur ces principes et qui nous occupe actuellement consiste à doser successivement :

- 1° Le sucre cristallisable au moyen du polarimètre;
- 2° Le sucre réducteur au moyen de la liqueur cuproalcaline;
- 3° Les matières minérales par l'incinération sulfurique;
- 4° L'eau par la dessiccation.

Puis à estimer le rendement au raffinage en affectant aux cendres le coefficient 5, à la glucose le coefficient 2 et déduisant le produit de ces deux corrections du degré de richesse ou cristallisable fourni par le polarimètre.

#### 1° ESSAI SACCHARIMÉTRIQUE OU POLARIMÉTRIQUE

Le dosage direct du sucre cristallisable s'exécute au moyen d'appareils nommés saccharimètres ou polarimètres, dont l'emploi repose sur les faits suivants.

Quand un rayon de lumière tombe sur une plaque de verre noir en faisant avec elle un angle de  $35^{\circ},23$ , le rayon réfléchi qui en provient a acquis des propriétés que ne possédait pas le rayon incident. En effet, s'il rencontre sous le

même angle une seconde plaque de verre noir, il ne se réfléchit pas quand le second plan de réflexion est perpendiculaire au premier. Il se réfléchit partiellement si les deux plans au lieu d'être à angle droit font entre eux un angle plus petit, et l'intensité du rayon réfléchi croît quand cet angle diminue. Elle est maximum quand l'angle est nul. On exprime ce fait en disant que le rayon réfléchi sur la première surface est *polarisé*, et son plan de réflexion est en même temps son *plan de polarisation*.

Si, sur le trajet du rayon polarisé et devant le second miroir placé de manière à éteindre ce rayon, on interpose une cuve en verres à faces parallèles, contenant de la dextrine par exemple, on voit apparaître le rayon réfléchi par le second miroir, et pour l'éteindre à nouveau, il faut tourner le deuxième miroir d'un certain angle vers la droite. On dit alors que le plan de polarisation a été dévié à droite, et que la *dextrine* a un *pouvoir rotatoire* à droite; elle est *dextrogyre*.

Si, au lieu de dextrine, on avait mis dans la cuve de l'essence de térébenthine ordinaire, le rayon réfléchi aurait apparu également, mais pour l'éteindre il eût fallu tourner le second miroir d'un certain angle à gauche; l'essence de térébenthine a donc un pouvoir rotatoire à gauche; elle est *lévogyre*.

Le pouvoir rotatoire est donné par la formule de Biot:  $a = \frac{\alpha}{\lambda \varepsilon \delta}$  dans laquelle :

$\alpha$  exprime la déviation angulaire que le plan de polarisation éprouve dans les conditions de l'expérience et  $a$  celle qu'il éprouverait si  $\delta$ ,  $\varepsilon$  et  $\lambda$  étaient ramenés à l'unité:

$\delta$  est la densité de la dissolution.

$\varepsilon$  est la proportion de matière active qu'elle renferme sous l'unité de poids.

$\lambda$  est la longueur en décimètres du tube d'observation qui la renferme.

On peut exprimer  $a$  en fonction du volume de la dissolution  $V$  et du poids  $p$  de substance active qu'elle renferme.

En effet, si  $p$  est le poids de substance active renfermée dans un poids  $P + p$  de dissolution, on aura :

$$\varepsilon = \frac{p}{P + p}.$$

D'autre part, la densité  $\delta$  de la dissolution est égale à  $\frac{P + p}{V} = \delta$ . Si on remplace  $\varepsilon$  et  $\delta$  par ces nouvelles valeurs, on a finalement :

$$a = \frac{\alpha V}{\lambda p}.$$

On arrive ainsi à une formule très simple représentant le pouvoir rotatoire des substances actives en dissolution.

Le procédé de saccharimétrie optique fondé sur ces données est dû à Biot et à Clerget.

Les saccharimètres et polarimètres qui ont été successivement mis en usage sont nombreux.

Le vieux saccharimètre *Soleil* a disparu actuellement de presque toutes les

suereries pour se trouver remplacé, soit par le polarimètre à pénombre à lumière jaune, soit par le polarimètre à franges.

Toutefois, afin de bien faire comprendre l'emploi de ces deux derniers instruments, nous croyons devoir donner quelques détails sur l'ancien saccharimètre Soleil, mais tel qu'il a été modifié et perfectionné par M. Duboscq.

**Saccharimètre Soleil Duboscq.** — La figure 132 représente cet instrument. Deux parties tubulaires AF, RD constituent le corps principal de l'appareil.

La lumière employée pour l'observation peut être indifféremment la lumière naturelle ou celle d'une lampe. Le rayon lumineux entre en A par une ouverture circulaire d'environ 3 millimètres de diamètre, puis, traverse dans la partie AF d'abord, un prisme polariseur P sensiblement achromatisé, ensuite en R une plaque de quartz dit à double rotation. Cette plaque est composée de deux demi-

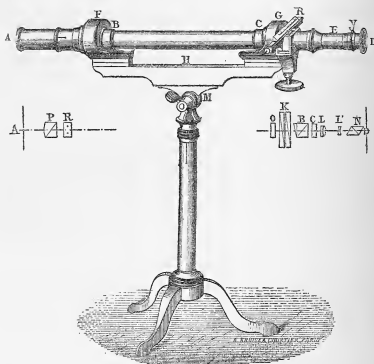


Fig. 132.

disques d'égale épaisseur, soit de  $3^{\text{mm}},75$ , soit du double  $7^{\text{mm}},50$ , taillés perpendiculairement à l'axe de cristallisation. Les demi-disques sont entre eux de pouvoirs rotatoires inverses, c'est-à-dire qu'ils dévient le plan de polarisation, l'un de gauche à droite, l'autre de droite à gauche.

La lumière parvenue à la partie RD rencontre en O une plaque de quartz à

rotation simple, soit à droite, soit à gauche, ce qui est indifférent et d'une épaisseur arbitraire.

Après avoir franchi cette plaque, elle traverse en K deux lames prismatiques également en quartz, douées toutes deux d'un même pouvoir rotatoire, mais de signe contraire à celui de la plaque O qui les précède. Ces deux lames sont ajustées dans une coulisse, de manière à pouvoir glisser l'une devant l'autre, de gauche à droite et de droite à gauche, en conservant le parallélisme de leurs faces homologues, qui sont perpendiculaires à l'axe de cristallisation, de telle sorte que, à raison de leur forme et de leur opposition de base à sommet, on fait varier à volonté la somme de leur épaisseur sur le trajet du rayon de lumière polarisé.

Ce mouvement des lames s'opère au moyen d'une double crémaillère taillée sur les montures en cuivre dont elles sont garnies et d'un pignon correspondant au bouton I. Enfin, le rayon traverse un prisme biréfringent B, dit *analyseur*, et l'instrument se termine par une lame de quartz C sur laquelle nous reviendrons plus loin, et par une lunette de Galilée, qui est destinée à rendre au moyen de son pointé, la vision distincte quel que soit le foyer de la vue de l'observateur. Il est du reste à remarquer que le prisme B est placé de telle sorte, relativement à un diaphragme de la lunette, que le passage de l'une des deux images qu'il produit est intercepté, comme cela a lieu pour le prisme polariseur P et qu'il ne reste dans le champ de l'instrument que l'image, soit ordinaire, soit extraordinaire, suivant que la plaque à double rotation placée en R est d'une épaisseur égale à  $3^{\text{mm}},75$  ou à  $7^{\text{mm}},50$ .

Il résulte de cette construction que, en plaçant l'œil près de l'oculaire de la lunette, l'ouverture A présente l'apparence d'un disque lumineux traversé par une ligne médiane et verticale produite par la jonction des deux quartz placés en R et qui composent la plaque à double rotation, comme le montre la figure 153.

Dans cet état normal de l'instrument, la somme de l'épaisseur des deux lames prismatiques K est égale à l'épaisseur de la plaque à rotation simple O, et le pouvoir de ces lames neutralise exactement celui de sens contraire de cette



Fig. 153.

même plaque. L'influence des deux quartz de la plaque à double rotation est alors seule sensible. Or, les pouvoirs rotatoires de ces quartz, bien que de sens inverses entre eux, étant de valeurs égales, ils déterminent une coloration uniforme des deux moitiés du disque, et cette coloration en raison de la position donnée au prisme analyseur est le violet.

Si alors on vient à interposer entre B et C un tube contenant un liquide doué d'un pouvoir rotatoire sur la lumière polarisée, l'uniformité de coloration entre les deux moitiés du disque lumineux est détruite; il arrive par exemple que l'une des moitiés devient bleue et que l'autre se colore en rouge pur. Cet effet est dû à ce que le pouvoir du liquide vient s'ajouter à celui de même sens de l'un des deux quartz de la plaque à double rotation R, et affaiblit d'autant celui de sens opposé du second quartz. Mais pour rendre de nouveau aux deux moitiés du disque leur teinte première et uniforme, il suffit de tourner le bouton B, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche, suivant le sens du

pouvoir du liquide, puisque, par ce mouvement, on augmente ou l'on diminue sur le trajet du rayon la somme de l'épaisseur des deux lames prismatiques K et l'on oppose ainsi à l'influence du liquide, soit un excès du pouvoir de ces lames sur celui de la plaque fixe O, soit un excès du pouvoir de cette plaque sur celui des lames.

D'ailleurs, le sens de la déviation et l'épaisseur du quartz employé pour neutraliser l'effet du liquide se reconnaissent immédiatement au moyen d'une échelle R à deux graduations inverses partant du même zéro et d'un double vernier. Cette échelle et ce vernier tracés sur les montures métalliques des lames, éprouvent nécessairement un déplacement respectif qui suit celui des lames, et qui indique la position relative de celles-ci, c'est-à-dire l'augmentation ou la diminution de la somme de leur épaisseur sur le trajet du rayon.

Les espaces que marquent les doubles divisions placées, les unes à droite, les autres à gauche du zéro de l'échelle, correspondent chacun à une marche de 1 millimètre de quartz; et comme ces mêmes espaces sont partagés en dix parties et que chacune de ces parties, au moyen du vernier, se subdivise elle-même en dix, ce sont en dernier résultat des épaisseurs de 1 centième de millimètre que précise le vernier, et la sensibilité de l'instrument est telle que l'égalité des teintes qu'il s'agit de rendre semblables peut même être appréciée pour une demi-division du vernier ou pour un demi-centième de millimètre de quartz.

Nous avons dit qu'on employait des tubes pour contenir les liquides soumis à l'observation; ces tubes sont de cristal, à parois épaisses, et recouverts de cylindres en cuivre dans lesquels ils sont assujettis avec du mastic. Leur diamètre est intérieurement de 10 millimètres environ et extérieurement de 30 millimètres. Ces tubes, dressés avec soin sur chacune de leurs extrémités perpendiculairement à leur axe, se ferment au moyen de disques en verre à surfaces parallèles. On détermine l'adhérence de ces disques en graissant légèrement les épaisseurs du tube et on les recouvre avec des viroles de cuivre que l'on visse avec force sur les cylindres en cuivre.

Les tubes sont simples, ou à tubulure latérale (fig. 134). Généralement les premiers ont 200 millimètres de long et les seconds 220 millimètres. Ces der-

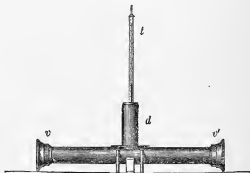


Fig. 134.

niers sont munis d'un support destiné à maintenir la tubulure dans une position verticale lorsqu'on les remplit par cette même tubulure.

Ce mode de serrage peut produire sur le verre des phénomènes de trempe qui déterminent une déviation sensible du plan de polarisation, déviation qui peut devenir très forte lorsque, par suite de l'altération des pas de vis, on est obligé de serrer très fortement les verres, pour qu'ils pressent de toute part contre le tube; en outre, l'intensité peut varier quand on fait tourner le tube sur lui-même, par suite de l'inégalité de trempe des diverses parties du verre.

Pour remédier à cet inconvénient, MM. Riche et Bardy ont imaginé un tube dans lequel les glaces ne sont jamais comprimées, quelque fort que soit le serrage, grâce à l'emploi de disques en caoutchouc.

En ayant égard au mode d'action des substances solubles qui dévient les plans de polarisation de la lumière, mode d'après lequel l'effet est toujours proportionnel au titre des dissolutions de ces substances et à l'étendue du trajet du rayon polarisé au travers du liquide, il sera facile de se rendre compte de l'emploi de l'instrument.

Si l'on sait *a priori* qu'un mélange soumis à l'analyse ne contient qu'une substance active, le rapport préalablement connu du pouvoir rotatoire de cette substance à celui du quartz, pris comme unité de mesure, pourra servir à déterminer la quantité de cette même substance qui est mélangée aux autres principes inactifs, pourvu que l'observation soit faite en plaçant les liquides dans des tubes de longueurs déterminées.

Si parmi les différentes substances actives réunies dans la même dissolution, une seule est de nature à changer sous l'influence de circonstances déterminées où le mélange sera placé, son pouvoir d'un sens et d'une intensité connus, contre un pouvoir d'un sens inverse et d'intensité égale ou proportionnelle, il sera encore évident que la différence entre les résultats d'une première observation qui présidera la réaction, et une seconde qui la suivra, exprimera également la quantité de la substance ainsi modifiée.

Or le sucre cristallisable est généralement dans l'une ou l'autre des deux conditions que nous venons d'exposer.

Mais l'emploi de ce saccharimètre à teintes présente deux inconvénients :

1° L'observation se fait en établissant dans l'instrument à vide l'égalité des teintes des deux demi-disques, et en la rétablissant après l'interposition de la liqueur sucrée. Mais cette appréciation des teintes varie avec l'expérimentateur, et de plus elle est fatigante pour l'œil.

2° Les sucres bruts sont généralement colorés; la liqueur sucrée présente alors une teinte jaune rougeâtre qui peut même éteindre en partie les teintes des deux demi-disques.

Il en résulte des erreurs qui peuvent rendre les essais souvent très incertains.

L'instrument nouveau que nous allons décrire remédie à ces inconvénients. Il est connu sous le nom de polarimètre à pénombre; inventé par M. Pellet, il a été perfectionné successivement par MM. Cornu, Duboscq et Laurent.

**Polarimètre à pénombre, système Cornu et Duboscq.** — Dans le saccharimètre ou polarimètre à pénombre les deux demi-disques, *différemment colorés* du saccharimètre sont remplacés par deux disques inégalement éclairés, de telle sorte que c'est par l'appréciation de l'égalité de deux

ombres et non plus par l'identité de deux colorations que le phénomène se manifeste. La position du plan de polarisation primitive est fixée par la teinte également obscure des deux demi-disques. En interposant la liqueur sucrée, cette égalité est détruite, l'un des deux demi-disques devient très lumineux et l'autre devient noir. On fait alors mouvoir les pièces fixées à la division centésimale de manière à rétablir l'égalité d'obscurité initiale. Le nombre de centièmes dont la division a marché, donne la richesse du sucre.

On emploie comme source de lumière la flamme d'une lampe à alcool ou d'un bec de gaz coloré en jaune par le sel marin fondu.

Le saccharimètre Cornu-Duboscq, représenté figure 135, comprend trois parties : le polariseur H; la case des tubes; l'analyseur CD.

Le polariseur est un prisme bi-réfringent formé de deux parties; la première est un verre lenticulaire dont la courbure a pour foyer la pointe de la

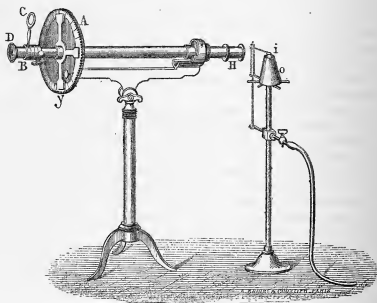


Fig. 135

flamme du brûleur employé et où l'on doit maintenir une nacelle en platine chargée de chlorure de sodium destiné à produire la lumière jaune monochromatique; la seconde partie est un prisme triangulaire de spath.

Les avantages de cet appareil sont les suivants :

1° Une comparaison plus facile des deux obscurités et plus douce que celle de deux couleurs comme dans le saccharimètre ordinaire;

2° Une mesure angulaire plus précise et donnant le quart de degré du saccharimètre Soleil; cette propriété permettrait l'emploi d'une échelle dont la lecture serait pour ainsi dire illimitée;

3° Enfin la possibilité d'employer des liqueurs d'une grande concentration et par conséquent d'affaiblir le rapport des erreurs d'observation.



Cet instrument est d'une sensibilité remarquable, et ses indications très exactes s'obtiennent sans fatigue.

**Polarimètre à pénombre Laurent.** — La difficulté résultant de l'appréciation des couleurs se trouve donc écartée avec le polarimètre à pénombre. Il en est de même du deuxième inconvénient dû à la coloration des solutions fournies par les sucres inférieurs.

M. Laurent, en effet, entre autres perfectionnements apportés par lui à la construction du polarimètre, a eu l'idée d'adapter à l'appareil un dispositif mobile permettant de faire varier les plans de polarisation dans les deux moitiés du faisceau produit par le polariseur.

La sensibilité de l'instrument est telle que l'on peut observer, s'il est nécessaire, au travers d'un tube de 100 millimètres seulement.

Cet appareil est représenté figures 156 et 157.

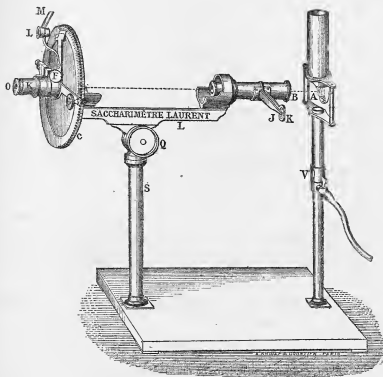


Fig. 156.

C'est encore la construction du polariseur qui le distingue. Il est constitué par un polariseur ordinaire, prisme de Nicol ou prisme bi-réfringent pouvant tourner sur lui-même. Devant se trouve un diaphragme fixe divisé en deux moitiés dont une seule est recouverte par une lame de quartz parallèle à l'axe, ayant l'épaisseur dite d'une demi-onde. En faisant tourner le polariseur, on peut faire

varier à volonté l'angle formé par sa section principale avec l'axe de la lame de quartz. Alors suivant la position de l'analyseur, on peut obtenir l'égalité ou l'inégalité d'éclairement comme avec le prisme de Nicol coupé ordinaire, et en outre, en laissant l'analyseur fixe on peut, en tournant le polariseur, faire varier l'éclairement depuis 0 jusqu'à son maximum sans changer l'égalité des phénomènes si elle existait déjà. Cette disposition permet donc d'obtenir les deux

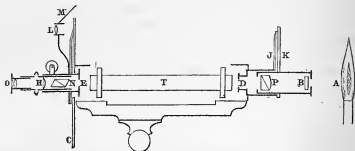


Fig. 157.

résultats dont dépend la sensibilité de l'instrument, à savoir un angle suffisamment petit et variable à volonté, et beaucoup de lumière.

Le porte-tube, mieux équilibré que dans les autres instruments du même genre, assure la stabilité de l'appareil dans toutes les positions.

Un petit miroir M placé au-dessus de la loupe réfléchit la lumière jaune sur l'échelle divisée et en rend la lecture facile.

Les figures 156 et 157 montrent les pièces suivantes :

- A Flamme monochromatique jaune placée à une distance invariable de l'appareil.
- B Diaphragme contenant une plaque de chromate acide de potasse, qui a pour effet d'absorber les rayons violets et bleus que contient la flamme, tout en laissant passer intacts les rayons jaunes utiles.
- P Prisme bi-réfringent dans lequel la seconde image est rejetée de côté et est interceptée par les diaphragmes.
- D Diaphragme portant une lame mince de quartz parallèle à l'axe, et dont l'épaisseur est d'une demi-onde pour les rayons jaunes.
- E Diaphragme Nicol et analyseur.
- H Objectif.
- O Oculaire concave formant avec l'objectif H une lunette de Galilée.
- T Tube contenant la solution à essayer.
- C Cadran portant une ou deux divisions, l'une spéciale au sucre, l'autre en demi-degrés du cercle pour les substances rotatoires quelconques.
- L Loupe pour lire les divisions.
- M Miroir renvoyant la lumière du bec sur les divisions, évitant ainsi l'emploi d'une lumière auxiliaire.

L'appareil et le brûleur sont représentés (fig. 156) en expérience et vus de côté. Le brûleur produit une lumière très intense et fonctionne sous de très faibles pressions. La figure 158 représente ce brûleur :

- A Flamme jaune des brûleurs ordinaires.
- B Partic lumineuse supplémentaire très intense.
- C Cheminée rendant fixe la flamme.
- H Flamme violette, haute, large et très chaude.
- D Flamme en forme de cône, verdâtre et froide.
- G Cuiller composée d'un godet en toile de platine soudée à un fil de platine
- F très fort.

On place un grain de sel dans le godet ; lorsqu'il vient à fondre, il monte par capillarité le long du bord I qui est très chaud, et donne dans le prolongement en B une flamme étroite excessivement brillante. Il vaut mieux mettre peu de sel à la fois et un peu plus souvent.

Il est très essentiel de garder la cuiller à la place marquée (fig. 158) pour obtenir le maximum d'effet, c'est-à-dire au milieu de la flamme, mais bien sur le côté, le bord relevé étant dans la partie violette.

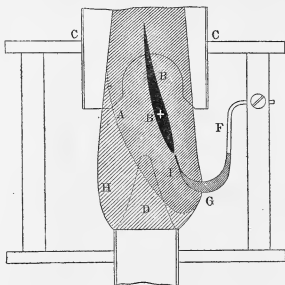


Fig. 158.

La pratique du polarimètre est fort simple.

La prise d'essai du sucre brut est pesée, puis jetée dans un ballon jaugé de 100 centimètres cubes, recouverte d'une petite quantité d'eau, additionnée d'une matière épurante, généralement de l'acétate de plomb, puis le volume est complété à 100. Le liquide est alors filtré ; on en remplit un tube de 200 millimètres de longueur, et l'on compte au polarimètre la notation directe indiquant en centièmes la richesse du produit.

MM. de Luynes et Aimé Girard ont établi que le pouvoir rotatoire du sucre le plus pur est égal pour la lumière jaune d'une lampe à gaz salé à  $67^{\circ},18'$ . On en déduit que la quantité de sucre pur équivalente pour cette même lumière, à une lame de quartz de 1 millimètre d'épaisseur est représentée par un poids de  $16^{\circ},19$ .

En effet la rotation produite par une lame de quartz de 15 millimètres d'épaisseur pour la lumière jaune du gaz salé déduite d'un grand nombre d'observations est égale à  $21^{\circ},48'$ , et ce résultat peut être considéré comme exact à quatre minutes près.

C'est donc l'arc de  $21^{\circ},48'$  que le constructeur devra diviser en cent parties égales sur le cadran du saccharimètre, chacune de ces divisions représentant alors un degré saccharimétrique.

Si l'on introduit cette valeur ainsi que le pouvoir rotatoire du sucre  $67^{\circ},18$  dans la formule  $\alpha = \frac{\alpha V}{\lambda p}$  et si de cette formule on déduit la valeur de  $p$  en faisant  $V = 100$  centimètres cubes  $\lambda = 2$  décimètres, on trouve:  $p = 16$  gr. 19.

En adoptant ce nombre comme prise d'essai la lecture du disque graduée du polarimètre fait directement connaître à l'observateur, et sans aucune correction, la richesse du sucre brut analysé en sucre cristallisable.

Quant à la quantité de sucre par litre de solution, on l'obtient à l'aide de la table suivante :

NOMBRE DE DIVISIONS.	SUCRE DANS UN LITRE.
1	1 <sup>re</sup> ,62
2	3 24
3	4 86
4	6 48
5	8 10
6	9 72
7	11 34
8	12 96
9	14 58

Nous donnons également pour cet instrument une table permettant de déterminer la richesse en sucre au moyen du polarimètre Laurent.

Table pour déterminer la richesse en sucre du jus de betteraves et autres liquides sucrés au moyen du polarimètre ou de l'appareil Laurent (degrés d'arc).

DEGRÉS LUS	DEGRÉS CORRIGÉS	QUANTITÉS DE SUCRE p. 100 rapportées au volume	POIDS spécifiques de la solution	QUANTITÉS DE SUCRE p. 100 rapportées au poids	DEGRÉS LUS	DEGRÉS CORRIGÉS	QUANTITÉS DE SUCRE p. 100 rapportées au volume	POIDS spécifiques de la solution	QUANTITÉS DE SUCRE p. 100 rapportées au poids
8	8,8	6,6	1,0253	6,44	16	17,60	13,20	1,0509	12,56
8,25	9,07	6,8	0263	6,63	16,25	17,87	13,40	0517	12,74
8,50	9,35	7,01	0271	6,83	16,50	18,15	13,61	0524	12,93
8,75	9,62	7,22	0279	7,02	16,75	18,42	13,82	0533	13,12
9	9,90	7,43	0287	7,22	17	18,70	14,03	0541	13,31
9,25	10,17	7,63	0295	7,41	17,25	18,97	14,23	0548	13,49
9,50	10,45	7,84	0303	7,61	17,50	19,25	14,44	0556	13,68
9,75	10,72	8,04	0311	7,80	17,75	19,52	14,64	0564	13,86
10	11,00	8,25	0319	7,99	18	19,80	14,85	0572	14,04
10,25	11,27	8,45	0326	8,18	18,25	20,07	15,05	0580	14,23
10,50	11,55	8,66	0333	8,38	18,50	20,35	15,26	0588	14,41
10,75	11,82	8,87	0343	8,58	18,75	20,62	15,47	0596	14,60
11	12,10	9,08	0351	8,77	19	20,90	15,68	0604	14,79
11,25	12,37	9,28	0358	8,96	19,25	21,17	15,88	0611	14,97
11,50	12,65	9,49	0366	9,15	19,50	21,45	16,09	0619	15,15
11,75	12,92	9,69	0374	9,34	19,75	21,72	16,29	0627	15,33
12	13,20	9,90	0382	9,54	20	22,00	16,50	0633	15,51
12,25	13,47	10,10	0390	9,72	20,25	22,27	16,70	0643	15,69
12,50	13,75	10,31	0398	9,92	20,50	22,55	16,91	0651	15,88
12,75	14,02	10,52	0406	10,11	20,75	22,82	17,12	0660	16,06
13	14,30	10,73	0414	10,30	21	23,10	17,33	0667	16,24
13,25	14,57	10,93	0422	10,49	21,25	23,37	17,53	0674	16,42
13,50	14,85	11,14	0431	10,68	21,50	23,65	17,74	0682	16,61
13,75	15,12	11,34	0438	10,86	21,75	23,92	17,94	0690	16,78
14	15,40	11,55	0445	11,06	22	24,20	18,15	0698	16,97
14,25	15,67	11,75	0453	11,24	22,25	24,47	18,35	0706	17,14
14,50	15,95	11,96	0461	11,43	22,50	24,75	18,56	0714	17,32
14,75	16,22	12,17	0469	11,62	22,75	25,02	18,77	0722	17,51
15	16,50	12,38	0477	11,82	23	25,30	18,98	0729	17,69
15,25	16,77	12,58	0485	11,99	23,25	25,57	19,18	0738	17,86
15,50	17,05	12,79	0493	12,19	23,50	25,85	19,39	0746	18,04
15,75	17,32	12,99	1,0501	12,37	23,75	26,12	19,59	1,0753	18,22

Pour se servir de cette table, supposons que l'on ait ajouté à 100 centimètres cubes de jus, 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb (50 grammes de sous-acétate dans 900 grammes d'eau ayant digéré pendant dix heures sur 50 grammes de litharge fine); supposons aussi que la rotation imprimée au plan de polarisation par une colonne de 200 millimètres soit 18 degrés, la table donne pour le degré corrigé 19°,80; c'est la déviation que l'on aurait obtenu en employant le tube de 220 millimètres; 100 centimètres cubes de jus renferment 14°,85 de sucre ou 100 grammes de jus en renferment 14°,04.

**Polarimètre Hoffmann à franges.** — L'instrument (fig. 159) se compose d'un corps A, formant chambre noire s'ouvrant et se fermant à volonté

au moyen d'un recouvrement à charnières et dans lequel on place les tubes remplis des matières dont on veut connaître la richesse en sucre.

A l'une des extrémités de la chambre noire et du côté que l'on dirige vers la lumière est un autre tube B plus petit renfermant le polarisateur *e*. L'extrémité libre C de ce tube est munie d'une lentille collectrice de lumière *f*.

A l'autre extrémité, du côté de l'observateur, est un autre tube D renfermant le polariscope.

Toute à l'extrémité E, l'ocilleton contre lequel l'observateur applique l'œil, puis le prisme de Nicol *a*, la lentille oculaire *b*, la lentille objectif *c*, la double lame de spath *d* donnant les franges colorées de Savart.

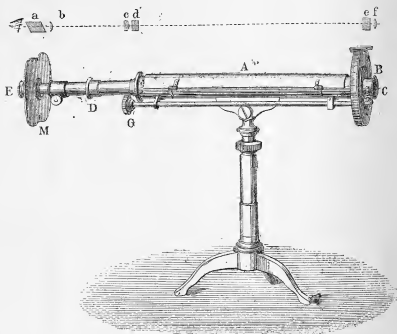


Fig. 159.

Une crémaillère G à longue tige placée du côté du système oculaire, permet à l'observateur de faire tourner un limbe placé à l'autre extrémité de l'appareil; ce limbe est divisé en demi-degrés.

Un vernier indique la minute d'arc.

Les dimensions du limbe sont telles que sa lecture peut facilement se faire à simple vue.

Le limbe porte une deuxième graduation gravée sur son autre tranche; cette graduation dont le zéro correspond à celui de la division en degrés, indique la quantité de grammes de sucre contenue dans un litre de liquide, à droite du zéro pour le sucre cristallisable, à gauche pour le sucre incristallisable. Un second vernier permet de mesurer les dixièmes de gramme.

Or, comme le phénomène des franges reparait quatre fois, si l'on fait faire un tour entier au limbe, l'appareil jouit du double avantage d'indiquer les teneurs en sucre par une seule opération et de répéter les observations pour les recherches qui demandent une grande exactitude.

**Saccharimètre à franges et à lumière blanche (système Duboseq).** — Cet appareil très récent est représenté figuré 160. Il est fondé sur l'emploi du polariscope de Sénarmont, dont les angles ont été modifiés pour permettre d'atteindre une très grande sensibilité.

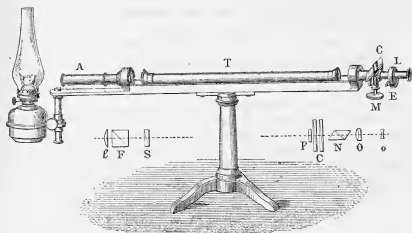


Fig. 160.

Il est formé de deux systèmes égaux et inverses composés chacun de deux prismes en quartz taillés perpendiculairement à l'axe et de rotation contraire. Ainsi constitué, ce polariscope étant placé entre deux prismes de Nicol à l'extinction, on observe deux *franges noires et droites* situées exactement dans le prolongement l'une de l'autre (fig. 161). Ces franges se forment au point où les épaisseurs de quartz droit et gauche sont égales. La rotation du plan de polarisation est alors nulle.



Fig. 161.



Fig. 162.

Si l'on introduit une substance douée d'un pouvoir rotatoire (droit par exemple), les franges seront déplacées en sens inverse l'une de l'autre (fig. 162). Pour les ramener en ligne droite, il faudra ajouter une quantité de quartz gauche équilibrant le pouvoir rotatoire droit de la substance interposée. — Ce résultat sera obtenu par le jeu des lames prismatiques d'un compensateur en

quartz, et le nombre de divisions que le compensateur aura parcouru pour ramener les franges exactement en ligne droite indiquera le tant pour cent de sucre contenu dans la liqueur analysée.

La partie optique de l'appareil est composée de la façon suivante :

*l* Lentille servant à éclairer uniformément tout le champ du polariscope.

*F* Polarisateur Foucault.

*S* Polarisateur de Sénarmont. Ces trois pièces sont contenues dans la monture *A*.

*T* Tube contenant le liquide à analyser.

*C* Compensateur à lames prismatiques en quartz gauche.

*p* Lames à faces parallèles en quartz droit équilibrant au point zéro la somme des épaisseurs des lames prismatiques en quartz gauche.

*N* Prisme de Nicol analyseur.

*Oo* Objectif et oculaire de la lunette de Galilée *L*.

*M* Bouton faisant mouvoir les lames du compensateur et, par suite, l'échelle divisée.

*E* Vis de réglage à tête carrée pour le rappel au zéro.

Cet appareil permet d'employer la lumière blanche ; les rayons lumineux sont alors fournis par une simple lampe à pétrole.

L'instrument porte deux divisions ; celle du dessous correspond au centième de millimètre d'épaisseur de quartz ; celle du dessus indique le nombre de grammes de sucre contenu dans 100 centimètres cubes de solution, en sorte que le point 100 de la division inférieure correspond pour la division supérieure à 16<sup>gr</sup>,19, poids normal que nous avons indiqué précédemment.

#### CHOIX DES ÉCHANTILLONS

Comme dans toutes les analyses où il s'agit d'opérer sur des quantités assez grandes, il est nécessaire d'apporter de grands soins dans la prise des échantillons moyens.

Si l'on ne prend pas toutes les précautions nécessaires, surtout pour les bas produits, le sucre et le sirop se trouvent souvent mêlés très inégalement, et les résultats sont très discordants suivant l'endroit de la barrique où l'échantillon a été prélevé.

Nous citerons à l'appui les chiffres suivants se rapportant à des sucres depuis quatre mois en magasin.

	SUCRE	EAU	CENDRES sulfatées	SUBSTANCES organiques étrangères.
Echantillon du fond supérieur, sec et jaune. . . . .	92.70	1.79	3.10	2.41
Echantillon du milieu, humide et plus foncé . . . . .	90.70	2.86	3.24	3.24
Echantillon du fond inférieur, très humide et très foncé. .	91.80	3.67	1.98	2.55



## 2° DOSAGE DU SUCRE RÉDUCTEUR

Nous avons vu que le sucre réducteur, désigné aussi sous les noms d'incristallisable, d'inverti, d'interverti et que pour simplifier nous nommerons simplement glucose, se trouve dans la nature, dans les fruits, les feuilles et les fleurs de quelques plantes.

Le dosage de ce sucre en présence de la saccharose est un problème que beaucoup de chimiste ont tenté de résoudre. Mais jusqu'ici on ne connaît aucune méthode permettant de doser de *petites* quantités de glucose en présence de la saccharose. Ce fut Tremier qui proposa le premier d'employer la solution cupropotassique pour déceler dans un liquide la présence de la glucose.

Lorsqu'une solution de saccharose est traitée par la potasse caustique et additionnée ensuite d'une solution étendue de sulfate de cuivre, il se produit une coloration bleue intense. Si l'on traite de la même manière une solution de glucose, il se précipite au bout d'un certain temps de l'oxyde rouge de cuivre.

La glucose s'oxyde aux dépens du bioxyde de cuivre, et celui-ci soluble dans la liqueur alcaline passe à l'état de protoxyde rouge qui, insoluble dans cette même liqueur se précipite à l'état pulvérulent. De cette précipitation résulte en outre la décoloration de la liqueur, tandis que, au contact de ces mêmes solutions, et pourvu que l'opération soit conduite rapidement, la saccharose reste inaltérée et ne détermine ni précipitation d'oxyde rouge, ni décoloration de la liqueur.

Cette réaction est très sensible et permet de déceler les plus petites traces de glucose. Un liquide renfermant  $1/100000$  de ce sucre donne à l'ébullition un précipité appréciable.

Étant donné le mélange de ces deux sucres, il est facile d'y doser la glucose en mesurant soit la quantité d'oxyde rouge précipité, soit le degré de décoloration de la liqueur.

La pratique de ce dosage a été réglée par divers expérimentateurs, notamment par Trommer, Fehling, Barreswill, etc.

La composition de la liqueur révélatrice est très variable; on connaît plus de vingt formules pour sa préparation.

En principe, l'opération peut se conduire ainsi : une solution de tartrate de cuivre fortement alcaline est préparée à l'avance et titrée au moyen d'une quantité déterminée de glucose. Dans un ballon ou dans un tube de large diamètre, on introduit un volume connu de cette liqueur, puis dans la solution bouillante on verse goutte à goutte la liqueur sucrée à examiner, après avoir eu soin de la débarrasser par l'acétate de plomb des matières organiques autres que la glucose et susceptibles d'agir comme elle sur la solution cuivrique.

Le point de saturation est indiqué par la cessation du précipité rouge et la décoloration de la liqueur.

On devra vérifier avec soin si la liqueur employée ne se décompose pas spontanément par l'ébullition et si elle ne se trouble pas par la dilution au moyen de l'eau distillée.

Plusieurs méthodes ont été proposées; nous ne les passerons pas toutes en revue, nous bornant à indiquer les principales et les meilleures.

**Méthode de Soxhlet.** — La liqueur est composée comme suit :

Sulfate de cuivre cristallisé . . . .	34 <sup>rr</sup> ,639	dans	500 <sup>re</sup> d'eau.
Tartrate de soude et de potasse . .	173 000	dans	400 <sup>re</sup> d'eau.
Soude caustique. . . . .	500 000	dans	1000 <sup>re</sup> d'eau.

On prend 25 centimètres cubes de la solution de sulfate de cuivre et on y ajoute 25 centimètres cubes de la solution de tartrate alcalin mélangée avec la solution de soude caustique. Le mélange est placé dans une capsule en porcelaine assez profonde, puis porté à l'ébullition, et l'on ajoute la solution de sucre jusqu'à ce que le liquide bouilli pendant deux minutes ne soit plus bleu.

Cet essai préliminaire indique approximativement (dans la limite de 10 p. 100) la quantité de glucose en présence. On dilue ensuite la solution de sucre jusqu'à ce qu'elle contienne 1 p. 100 environ de sucre réducteur. La vraie concentration variera de 0,9 p. 100 à 1,1 p. 100.

On prend alors 50 centimètres cubes de la solution ainsi préparée, que l'on additionne de la quantité exigée de solution de sucre; on fait bouillir pendant deux minutes et on filtre. Dans la solution filtrée on cherche le cuivre en traitant par l'acide acétique et le ferrocyanure de potassium.

Si la solution filtrée contient du cuivre, on répète l'opération en employant un plus grand volume de dissolution sucrée. Si au contraire on trouve que la solution filtrée est exempte de cuivre, on répète l'opération en prenant 1 centimètre cube de solution sucrée en moins.

Les essais sont ainsi continués jusqu'à ce que de deux solutions de sucre dont les volumes ne diffèrent que de 1 centimètre cube, l'une après filtration renferme du cuivre, et l'autre en soit exempte. Le volume moyen de ces deux solutions doit être considéré comme représentant exactement le volume de la solution de sucre capable de décomposer 50 centimètres cubes de liqueur titrée, ou autrement dit de liqueur de Fehling.

Dans les solutions préparées comme nous venons de le dire, 1 p. 100 de sucre réducteur précipite 10<sup>rr</sup>,42 de cuivre.

**Méthode de Fehling.** — La liqueur employée est la même que précédemment.

5 ou 10 grammes ou plus du sucre sont pesés, puis dissous dans un flacon et la solution est additionnée d'eau jusqu'à ce qu'elle occupe 100 centimètres cubes. Le poids du sucre à employer varie avec la nature de l'échantillon, c'est-à-dire avec la quantité de sucre réducteur contenu. La force de la solution doit être telle que 20 à 50 centimètres cubes puissent précipiter complètement le cuivre contenu dans 10 centimètres cubes de la liqueur de Fehling.

La solution cuproalcaline est mesurée, placée dans une capsule de porcelaine et portée à l'ébullition. On y verse la dissolution de sucre au moyen d'une burette graduée en dixièmes de centimètres cubes, jusqu'à ce que la totalité du cuivre soit précipitée à l'état d'oxyde rouge. La fin de l'opération s'annonce par le changement de couleur de la solution. La coloration bleue disparaît et la liqueur devient incolore ou prend une nuance jaune si la solution de sucre est colorée.

On s'assure de la précipitation complète du cuivre en filtrant quelques gouttes de la liqueur et en l'essayant avec l'acide acétique et le cyanoferrure de potassium.

S'il se produit une coloration rouge brun, on ajoute à la liqueur cuproalcaline deux dixièmes de centimètre cube de la liqueur sucrée, on fait bouillir de nouveau et on répète l'essai. L'opération est continuée jusqu'à ce que l'addition de quelques gouttes de cyanoferrure ne produise plus la coloration rouge.

Si on a supposé que 10 centimètres cubes de solution cuproalcaline correspondaient à 0<sup>sr</sup>,5 de sucre réducteur, le calcul est facile à effectuer. Si 5 grammes de sucre ont été dissous dans 100 centimètres cubes d'eau, le nombre de centimètres cubes de cette solution nécessaires pour précipiter la totalité du cuivre contenu dans 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, multiplié par 100, donne directement la teneur centésimale en sucre réducteur de la solution à analyser.

**Formule de M. Violette.** — La liqueur employée par ce chimiste est composée comme suit :

260 grammes de tartrate double de potasse et de soude sont dissous dans 200 grammes d'eau distillée; on y ajoute :

500 grammes d'une lessive de soude à 24° Baumé.

36<sup>sr</sup>,46 de sulfate de cuivre cristallisé sont dissous dans 140 grammes d'eau.

Ces deux liqueurs sont mélangées, agitées, et le volume total est porté à 1 litre à 15 degrés.

10 centimètres cubes de cette liqueur correspondent à

0<sup>sr</sup>,05 de saccharose avant l'inversion, ou à :

0<sup>sr</sup>,0526 de sucre interverti.

**Formule de M. Pasteur.** — La liqueur de Fehling présente l'inconvénient de laisser déposer du cuivre métallique sous l'influence de la lumière. M. Pasteur a indiqué une formule donnant un liquide inaltérable à la lumière. On fait dissoudre séparément :

130 grammes de soude.

105 — d'acide tartrique.

80 — de potasse.

40 — de sulfate de cuivre cristallisé.

On mélange et on complète le volume de 1 litre. En résumé voici comme l'on doit opérer.

Le sucre réducteur préexistant dans le produit commercial à examiner est d'abord dosé directement.

Dans ce but, après avoir fait bouillir 100 centimètres cubes par exemple, d'une liqueur cupropotassique bien préparée et résistant à cette épreuve, on y laisse tomber brusquement un volume déterminé de dissolution sucrée, volume tel qu'une portion seulement de la liqueur cuproalcaline se trouve décomposée. Pendant une minute ou deux on maintient le mélange à l'ébullition, et aussitôt que le précipité d'oxydure de cuivre a pris la belle teinte rouge caractéristique,

on le jette sur un filtre et on le lave à l'eau bouillante jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus de réaction alcaline. Le filtre une fois lavé est séché, puis incinéré dans une capsule en platine. Après refroidissement, la capsule est introduite dans un tube de verre où l'oxyde est réduit par un courant d'hydrogène pur.

Le dosage du sucre réducteur et de la saccharose réunis, peut s'effectuer de même après inversion.

Une autre partie de la dissolution sucrée, additionnée d'acide chlorhydrique est maintenue au bain-marie suivant les indications de Clerget, étendue d'eau, bouillie pendant quelques instants, puis mise en contact avec un excès de liqueur cuproalcaline; l'oxydure recucilli, lavé, séché, brûlé, est aussi réduit par l'hydrogène.

Du poids de cuivre fourni par la première opération on déduit facilement la quantité de sucre réducteur. En effet, on sait qu'à 1 gramme de cuivre réduit correspond un poids de 0<sup>sr</sup>,569 de sucre réducteur.

Quant au poids de cuivre fourni par la deuxième opération, après en avoir retranché le poids correspondant au sucre réducteur préexistant, après avoir fait subir au résidu de cette soustraction la correction proportionnelle qu'exige la différence des équivalents de sucre réducteur et de saccharose, on en déduit le poids de saccharose contenu dans le produit analysé.

Ajoutons enfin, que d'après Dubrunfaut, le sucre réducteur contenu dans les produits commerciaux n'exerce pas d'action sensible sur la lumière polarisée; il s'ensuit que la présence de ce sucre ne saurait influencer les résultats fournis par le saccharimètre, relativement à la richesse saccharine de ces produits.

Ajoutons aussi que M. Bodenbender a signalé dans beaucoup de betteraves la présence d'une substance qui a la propriété de précipiter de la liqueur de Fehling, l'oxyde de cuivre à l'état d'hydrate de sous-oxyde, lequel par une ébullition prolongée, devient du sous-oxyde de cuivre rouge.

On trouve cette substance en quantités plus ou moins grandes dans les sucres bruts, les raffinés et les mélasses.

Le sucre interverti d'autre part, perd après ébullition dans une solution de potasse ou de soude la propriété de réduire l'oxyde de cuivre, tandis que cette substance conserve cette propriété.

M. Bodenbender en conclut que, le sucre, la mélasse, etc..., dont on veut déterminer le sucre réducteur, doivent être traités une première fois directement avec la liqueur de Fehling, et ensuite après ébullition dans une solution potassique ou sodique. La différence des deux résultats donne le sucre réducteur. Ce ne serait donc pas d'après ce chimiste, procéder correctement, que de doser directement le sucre réducteur comme on le fait ordinairement.

### 3<sup>e</sup> DOSAGE DES CENDRES

L'introduction du dosage des matières minérales dans les méthodes d'analyse des sucres, a été proposée en 1851, simultanément par Dubrunfaut et par

M. Péligot. La méthode indiquée par ces deux éminents chimistes a été modifiée ainsi qu'il suit :

Dans une nacelle de platine tarée à l'avance, on place 4 grammes de sucre, puis quelques gouttes d'acide sulfurique et l'on chauffe. L'action d'abord vive doit être surveillée, mais bientôt le sucre étant entièrement carbonisé et la masse en repos, la nacelle est poussée dans le fourneau et abandonnée à elle-même jusqu'à complète incinération. Le résidu est pesé et le poids obtenu est considéré comme équivalent, à très peu près, au poids des impuretés minérales.

L'aspect des cendres fournit à l'essayeur des renseignements précieux. Les cendres du sucre, en effet, ne varient que dans des limites restreintes, tant sous le rapport de leur nature, que sous le rapport de leur quantité; il s'ensuit que toute variation inusitée doit être considérée comme une anomalie dont la cause naturelle ou artificielle doit être recherchée.

#### 4° DOSAGE DE L'EAU

L'essai des sucres comprend aussi le dosage de l'eau qui ne présente rien de particulier. La dessiccation du sucre a lieu à l'étuve à 110 degrés.

MM. Riche et Bardy ont proposé la marche suivante pour l'analyse saccharimétrique. La pesée est faite au quintuple. On prend donc  $5 \times 16,19 = 80,95$  de sucre, on en fait 250 centimètres cubes de dissolution. Sur ce volume on prélève 50 centimètres cubes que l'on consacre à l'essai polarimétrique. A la même liqueur on emprunte soit directement, si elle est claire, soit après filtration 10 centimètres cubes, contenant par conséquent  $3^r,238$  que l'on fait couler dans une capsule de platine tarée, on y ajoute 1 centimètre cube d'acide sulfurique. La capsule est soumise aux opérations précédentes. Enfin, une nouvelle portion de la liqueur est utilisée pour le dosage de la glucose.

**Formule de l'analyse.** — Lorsque les opérations précédentes ont fourni les résultats qui fixent la composition du sucre essayé, on transforme ces résultats au moyen de coefficients pour arriver à attribuer à ce sucre un rendement probable au raffinage.

Les coefficients généralement adoptés par le commerce, sont 3 pour le poids des cendres diminué de 0,1, et 2 pour le poids de la glucose.

Soit donc un sucre marquant 90 au polarimètre, contenant 2,8 p. 100 de glucose, 1,71 p. 100 de cendres et 3,5 p. 100 d'eau. On commence par retrancher du poids des cendres 1,71 le dixième de ce poids, soit 0,17, et on obtient ainsi pour les cendres le nombre conventionnel 1,54. Puis, pour calculer le rendement, on retranche du titre polarimétrique 90, ce poids multiplié par 3, soit 7,70, et le poids de glucose 2,8 multiplié par 2, soit 5,6. Le rendement sera donc en ce cas  $90 - (7,70 + 5,6) = 76,70$ .

#### PROCÉDÉ PAR DIFFÉRENCE

Cette méthode, repose sur la détermination directe de la richesse des produits bruts en sucre cristallisable et sur l'évaluation du rendement de ces sucres bruts au raffinage.

Dans les conditions normales, cette méthode ne doit comprendre qu'une seule détermination qui consiste dans l'évaluation directe et au moyen du polarimètre, de la richesse du sucre brut en sucre cristallisable.

C'est seulement dans le cas où le sucre se présente en pâte, à l'état de sirop ou bien seulement chargé d'une quantité d'eau anormale qu'à cette première opération il devient nécessaire d'en adjoindre une seconde, qui consiste dans l'évaluation de la quantité d'eau excessive que le sucre contient. Cette évaluation se fait par le procédé de dessiccation directe.

Quant à l'estimation du rendement, elle se fait en déduisant du titre polarimétrique fourni par l'observation directe du sucre brut, une quantité égale à la différence existant entre ce titre et 100, ce qui revient, comme l'indiquait la loi de 1851, à diminuer le rendement de  $\frac{2}{100}$  pour chaque centième de sucre pur constaté en moins au polarimètre.

Cette méthode, on le voit, est fort simple, mais elle ne paraît pas au point de vue de l'appréciation du rendement se rapprocher de la vérité autant que la méthode précédente.

---

## CHAPITRE XIII

### ANALYSE DES MÉLASSES, DES NOIRS, etc.

#### ANALYSE DES MÉLASSES

Les analyses des mélasses ont acquis beaucoup d'importance depuis l'introduction dans l'industrie des divers procédés que nous avons décrits pour l'extraction du sucre qu'elles renferment. Comme dans les sucres du commerce, on y cherche les proportions d'eau et de cendres, puis les quantités de sucre cristallisable et incristallisable qu'elles contiennent.

Les deux premiers dosages ne présentent rien de particulier; il n'en est pas de même de la détermination du sucre.

Il arrive souvent qu'une mélasse analysée par la méthode optique directe fournisse un titre élevé en sucre, tandis qu'on obtient un nombre beaucoup moins élevé si le sucre cristallisable est calculé par inversion, les différences peuvent atteindre 20 p. 100 et même 25 p. 100.

Pour éviter ces erreurs, il est prudent de procéder comme il suit :

On doit prendre 16<sup>gr</sup>,19 de la matière à analyser ou 26<sup>gr</sup>,048 si l'on fait usage d'un saccharimètre allemand, étendre à 100 centimètres cubes; puis prendre 50 centimètres cubes de cette liqueur, la traiter par le sous-acétate de plomb, étendre à 100 centimètres cubes et polariser.

Dans le volume restant de la première liqueur (50 centimètres cubes), on ajoutera 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, puis le tout est chauffé à 70 degrés au maximum, dans un bain-marie pendant un quart d'heure environ. On laisse refroidir, on étend à 100 centimètres cubes, on décolore avec 1 gramme de noir et on polarise à nouveau, en notant la température.

D'après la formule Reichardt et Bittmann, on aura :

$$R = \frac{100 S}{144,16035 - 0,50578 T}$$

R sera le sucre cristallisable cherché.

S est la somme des déviations avant et après l'inversion lorsqu'elles sont de sens contraire ou leur différence lorsqu'elles sont de même sens.

T est la température du liquide au moment de l'observation.

Il faut admettre, d'après ces chimistes, dans les mélasses et autres produits de la sucrerie des substances dextrogyres et non modifiées par l'acide chlorhydrique en ce qui concerne leur pouvoir rotatoire. On leur a donné le nom générique de *plus sucre*, tandis que les matières étrangères (sels et matières organiques), constituent le *non sucre*.

Afin d'éviter toute discussion en ce qui concerne l'analyse des mélasses destinées à la sucraterie et à la distillerie, M. Leplay a proposé l'analyse par fermentation et le dosage de l'alcool.

Ce procédé est basé :

1° Sur un premier dosage du sucre contenu dans la mélasse, par la quantité d'alcool produit de la fermentation ;

2° Sur un second dosage du sucre contenu dans cette même mélasse après un traitement par la chaux à la température de l'ébullition de la mélasse étendue d'eau ; puis, après saturation de la chaux restée libre par un acide et particulièrement l'acide sulfurique ou l'acide carbonique, en faisant fermenter le liquide ainsi traité.

La quantité d'alcool produit par la première fermentation représente la quantité totale de sucre contenu dans le liquide mis en fermentation.

La quantité d'alcool produit dans la seconde fermentation représente la quantité de sucre cristallisable.

La différence entre les quantités d'alcool obtenues dans la première et la seconde fermentation représente la quantité de sucre inscristallisable calculée comme sucre cristallisable.

Lorsque l'on opère la fermentation dans les conditions ordinaires avec une étuve chauffée à 25 degrés, sur un demi-litre ou sur un litre de liquide dans un flacon bouché avec une dose de levure d'environ 10 p. 100 du poids du sucre, en employant du sucre blanc de première qualité, on obtient après trois ou quatre jours une fermentation complète donnant pour 100 kilogrammes de sucre, 53 litres d'alcool pur.

On peut donc conclure inversement que 55 litres d'alcool produit correspondront à 100 kilogrammes de sucre cristallisable.

La manière d'opérer, d'après M. Leplay, est fort simple.

Pour déterminer la richesse alcoolique devant servir de point de comparaison, on prend 100 grammes de sucre que l'on dissout dans l'eau distillée de manière à ce que la dissolution représente exactement un litre à 15 degrés centigrades. La dissolution pèse alors 5°,3 à 5°,4 Baumé. On y ajoute 10 grammes de levure de bière bien pressée que l'on a soin de délayer d'abord dans un petit volume de la dissolution sucrée, et d'ajouter ensuite à toute la dissolution. On l'agite pour bien mélanger le tout, on porte le flacon à l'étuve et on l'y maintient jusqu'à cessation de la fermentation. On reconnaît que l'opération est terminée lorsqu'il ne se dégage plus de gaz, que le liquide ne mousse plus, et que la levure tombe au fond du flacon en devenant compacte.

Lorsque la fermentation est terminée, on distille le liquide fermenté dans un petit alambic de Gay-Lussac, de façon à retirer en liqueur distillée la moitié du volume du liquide soumis à la distillation.

On détermine alors par l'alcoomètre centésimal le richesse alcoolique du



liquide distillé ; cette richesse multipliée par 10 représente la valeur alcoolique de 100 parties de sucre ou la valeur en litres d'alcool pur que peuvent donner 100 kilogrammes de sucre.

Pour déterminer la quantité de sucre contenu dans la mélasse, on prend également 100 grammes de mélasse que l'on délaye dans l'eau de manière à obtenir un litre de dissolution. On y ajoute seulement 5 grammes de levure, et on fait fermenter. La fermentation terminée, on procède comme précédemment, et la richesse alcoolique trouvée représente la quantité d'alcool que peuvent fournir 100 kilogrammes de la mélasse en expérience.

Nous supposons que le rendement ainsi constaté est de 30 litres alcool pur pour 100 kilogrammes de mélasse.

Si la mélasse était alcaline, il serait nécessaire de saturer l'alcali avec de l'acide sulfurique jusqu'à légère acidité.

Pour déterminer la quantité de sucre incristallisable que peut contenir le même échantillon de mélasse, on en prend 100 grammes qu'on étend d'eau de façon à former environ un demi-litre. Cette liqueur sucrée est additionnée de 30 grammes de chaux hydratée en poudre et portée à l'ébullition pendant quelques minutes. Si la mélasse contient de la glucose, il s'établit une réaction très vive ; la dissolution se colore et la glucose est détruite. Lorsque le liquide est refroidi, on y ajoute de l'acide sulfurique étendu d'eau jusqu'à réaction acide, puis un peu de craie pour saturer et on filtre. Il s'est formé par la saturation un dépôt de sulfate de chaux qui est resté sur le filtre. On laisse égoutter, on lave et on étend à un litre. Puis, ce liquide est soumis à la fermentation et finalement on constate sa richesse alcoolique.

Si cette richesse alcoolique est la même, c'est-à-dire accuse pour 100 kilogrammes de mélasse 30 litres d'alcool pur, on peut en conclure que la mélasse ne contient pas de sucre incristallisable.

Mais, si au contraire, la fermentation et la distillation n'accusent qu'un rendement de 20 litres, on aura :

$$\frac{20 \times 100}{55} = 36,36 \text{ de sucre.}$$

Si précédemment on a trouvé par exemple  $\frac{30 \times 100}{55} = 54,54$ , il s'ensuivra que, finalement, cette mélasse contenait :

En sucre cristallisable . . . . .	36,36 0/0
— incristallisable. . . . .	18,18 —
Soit ensemble . . . . .	<u>54,54 0/0</u>

Dans la pratique on doit toujours opérer la fermentation dans des conditions telles que le maximum de richesse alcoolique du liquide fermenté ne s'élève pas à plus de 6 p. 100 et ne s'abaisse pas au-dessous de 3 p. 100 d'alcool pur.

Lorsque les mélasses sont peu riches en sucre, comme les mélasses brutes de betteraves, on peut opérer sur 150 grammes ou même 200 grammes pour 1 litre de liquide à soumettre à la fermentation et ramener par le calcul,

la richesse alcoolique obtenue à 100 grammes de mélasse par litre pour en conclure le rendement alcoolique par 100 kilogrammes de mélasse qui sert de type de comparaison.

Ce procédé n'est pas à l'abri de certaines critiques. Il est possible que les mélasses renferment des substances nuisibles à la fermentation alcoolique. Toujours est-il que l'analyse exacte d'une mélasse présente des difficultés très grandes, lorsque l'on veut tout à la fois connaître sa teneur en sucre cristallisable et sa valeur au point de vue de la distillerie.

Nous ajouterons que de nombreuses analyses ont montré que la matière qui donne un excédant dans le dosage du sucre par la méthode cuprique après inversion, ne se produit pas dans le raffinage, et qu'elle y est apportée par les sucres bruts employés.

Il résulte enfin de l'examen de la mélasse et des divers produits sucrés en cours de travail dans le raffinage des sucres de betteraves que :

1° L'excédant du sucre cristallisable accusé par la méthode cuprique après inversion, sur le dosage par rotation, se manifeste également dans les mélasses de raffinerie de sucre de betterave;

2° Cet excédant paraît même plus élevé en moyenne dans les mélasses de raffinerie que dans les mélasses de fabrique;

3° Cet excédant existe également dans les sucres bruts employés au raffinage, et il paraît suffisant pour expliquer la présence et les quantités de cet excédant dans les mélasses de raffinerie.

## ANALYSE DU NOIR

Au point de vue commercial, cette analyse présente encore un grand intérêt. Le point le plus important à déterminer est la puissance décolorante du noir à examiner. On peut y arriver directement au moyen d'un colorimètre. L'appareil construit dans ce but, par M. Duboscq, est fondé sur un des principes spéciaux d'optique utilisé dans le saccharimètre.

Ce principe est celui qui découle de la perception par un seul œil d'un disque unique divisé en deux parties et dont chacune des parties peut varier de teinte sous l'influence d'un mouvement à crémaillère ou à vis.

Supposons, en effet, qu'on regarde par un seul œil au travers d'une lunette en verre un cercle partagé en deux moitiés. Si chacune de ces moitiés est mobile, de manière à laisser modifier la teinte d'une lumière émise soit par réflexion, soit par transmission, il se produira nécessairement un point dans chacune des portions où une même teinte sera obtenue par certaines positions de chacune des parties. L'œil fixera lui-même la teinte uniforme de la nuance égalisée dans les deux portions du verre observé.

Le colorimètre Duboscq, représenté figure 163, se compose d'une lunette D à la partie supérieure, puis une partie triangulaire C renfermant la partie optique. Au-dessous sont deux tubes B, B' éprouvettes en cristal renfermées dans des godets A, A' en cristal fixés sur une planchette en cuivre.

Les tubes B, B' sont mobiles; ils peuvent monter ou descendre dans des ouvertures latérales situées sur le bâtis qui soutient la partie optique et la lunette d'observation. Leur mouvement est donné par une crémaillère ou vis qui se meut sur une échelle divisée en cent parties arbitraires. A la partie inférieure de l'instrument se trouve un miroir E mobile pour permettre à la lumière de passer au travers des tubes et de venir éclairer la lunette D.

Lorsqu'il s'agit d'analyser un noir au point de vue de son pouvoir décolorant, on commence par prendre un échantillon moyen de ce produit, par exemple

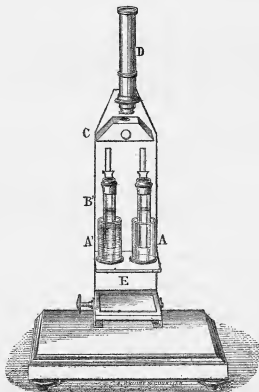


Fig. 163.

100 grammes, et on décolore à l'aide de ce noir par les procédés ordinaires de filtration et de cuisson un volume connu d'une dissolution de caramel, par exemple 100 centimètres cubes. On exécute la même opération (qui doit durer environ une heure), et dans des conditions identiques, c'est-à-dire sur une même quantité de dissolution du même caramel avec 100 grammes d'un noir pur et reconnu excellent que l'on prend comme type.

Quand les deux liquides sont filtrés, on les verse séparément dans les éprouvettes A, A' de l'appareil. La crémaillère étant placée des deux côtés au même numéro, on regarde alors par l'ouverture D afin de comparer l'égalité des teintes

que l'on rend plus perceptibles en faisant jouer le miroir E pour bien éclairer la lunette D. Supposons que la dissolution de noir pur soit dans le godet A et que l'on amène le tube mobile B par la crémaillère à vingt divisions du fond du godet; on aura ainsi une colonne de vingt divisions qui donnera au demi-disque de droite une coloration jaune pâle. Admettons maintenant que pour le demi-disque de gauche il soit nécessaire, afin d'obtenir la même coloration jaune pâle, de monter à quarante divisions le tube mobile dans la dissolution obtenue par le noir à analyser, on en conclura que la liqueur provenant de ce noir présente une décoloration de moitié moindre que celle retirée du noir pur.

En effet, pour une même teinte des deux demi-disques, les proportions de noir qui ont été essayées ont donné deux liquides dont les intensités de coloration sont en raison inverse des hauteurs qu'on a dû donner aux colonnes de ces liquides. On peut dire aussi que le premier noir a enlevé moitié plus de caramel que le second par suite que le pouvoir décolorant du premier noir sera, par rapport au second, comme 20 est à 40; le second noir est donc moitié moins bon comme décolorant que le premier.

Il existe une seconde méthode, dite indirecte, qui repose sur la propriété que possède le noir animal d'enlever à une dissolution de saccharate de chaux une quantité de chaux variable suivant la qualité de ce noir, son état de division, etc.

On a constaté que le *pouvoir absorbant* du noir pour la chaux est dans le même rapport que son *pouvoir décolorant*, de telle sorte que le premier peut servir de mesure au second. Voici comment on opère :

On commence par préparer une liqueur normale contenant 20 grammes d'acide sulfurique monohydraté par litre, puis une liqueur de saccharate de chaux saturant exactement la première à volume égal.

Lorsqu'on veut faire une détermination, on prend 50 grammes du noir à essayer et un décilitre de dissolution de saccharate. On les met en contact pendant une heure à une température d'environ 15 degrés, et on agite plusieurs fois. On filtre ensuite, et sur 50 centimètres cubes du liquide clair on détermine, à l'aide de la liqueur acide, combien il faut de degrés de la burette alcalimétrique ordinaire pour en opérer la saturation. S'il en faut par exemple quarante divisions, on peut en conclure que soixante divisions ont été absorbées par le noir et que ce noir titre par conséquent 60 degrés.



## CONCLUSIONS

---

En résumé, et toutes réserves faites sur les diverses observations qui précèdent, nous dirons que parmi les diverses méthodes proposées pour évaluer la richesse des sucres et leur rendement au raffinage celle qui nous paraît se rapprocher le plus de la vérité est celle qui consiste :

1° A mesurer au polarimètre la richesse du sucre brut en sucre cristallisable sans correction;

2° A doser les cendres du sucre par l'incinération sulfurique, à diminuer de  $\frac{2}{10}$  le poids trouvé, et à retrancher du chiffre de richesse absolue le poids des cendres ainsi rectifié, en lui appliquant le coefficient 4;

3° A doser la glucose par les liqueurs cupro-alkalines, et à retrancher de la richesse absolue son poids affecté du coefficient 2;

4° A fixer à 4,5 p. 100 le déchet de fabrication.

---

## ERRATUM

---

Page 193, dans la légende de la figure 112 :

Au lieu des lettres. . . . . A B C H I K L S V T,  
Il faut lire . . . . . M N P R S T V X Y Z.

---



# TABLE DES MATIÈRES

## LE SUCRE

	Pages.
MATIÈRES SUCRÉES . . . . .	1

### TITRE PREMIER

#### Première classe de sucres.

#### CHAPITRE PREMIER

##### SACCHAROSE

1° <i>Propriétés physiques.</i> . . . .	3
2° <i>Propriétés chimiques.</i> . . . .	4
Action des acides. . . . .	4
Action des oxydants. . . . .	5
Action des alcalis et des bases . . . . .	5
Solubilité de la chaux dans les liqueurs sucrées . . . . .	6
Combinaisons métalliques de la saccharose. . . . .	7
Sucrates de plomb . . . . .	7
Combinaison de la saccharose avec les sels. . . . .	7
Action de la chaux et de la potasse à haute température sur le sucre normal. . . . .	8

#### CHAPITRE II

##### SUCRE DE CANNE

<i>Notions générales.</i> . . . .	10
<i>Historique.</i> . . . .	11
Composition de la canne à sucre. . . . .	12
<i>Fabrication du sucre de canne. — Transport.</i> . . . .	14
Extraction du sucre de canne. . . . .	15
Moulins à cannes . . . . .	16
Défibreux de cannes Labrousse . . . . .	19
Presse hydraulique à piston différentiel. . . . .	20
Rendement du défibreux. . . . .	20
Rendement de la presse . . . . .	20
Ecoulement du vesou . . . . .	21
Rendement des moulins. . . . .	21
Extraction du sucre de canne par diffusion. . . . .	22
Défécation. . . . .	22
Filtration . . . . .	24
Evaporation des jus. . . . .	25
Dépôts produits dans les chaudières d'évaporation. . . . .	26
Cuite du sirop. . . . .	26
Croqueretor Fryer . . . . .	27
Traitement final. . . . .	28
Résidus et rendement. . . . .	30
Fabrication du sucre de canne en Chine . . . . .	30

## CHAPITRE III

## SUCRE DE BETTERAVE

	Pages.
<i>Notions générales. — Historique.</i> . . . . .	32
Influence de la culture de la betterave sur l'état agricole du pays . . . . .	34
Notions sur la betterave. . . . .	36
Betteraves fourragères . . . . .	36
Betteraves à sucre. . . . .	38
Classification des betteraves. . . . .	39
Culture de la betterave . . . . .	40
Ecartement. . . . .	41
Assolement. — Engrais . . . . .	43
Résultats obtenus. . . . .	44
Formation du sucre dans la betterave . . . . .	47
Récolte de la betterave . . . . .	48
Conservation des betteraves. . . . .	48
Conservation dans les caves. . . . .	50
Transport à la fabrique de sucre. . . . .	50
Transport souterrain, système Linard . . . . .	51
Chaulage du jus . . . . .	51
Bacs jauge. . . . .	51
Conduite en fonte. . . . .	51
Râperies. . . . .	52
Transport aérien . . . . .	53
Transporteur hydraulique Riedinger . . . . .	53
<i>Fabrication du sucre de betterave</i> . . . . .	55
Composition de la betterave . . . . .	55
Notions générales sur la fabrication. . . . .	56
1° Nettoyage et lavage des betteraves . . . . .	57
Élévateur épierreur Charpentier . . . . .	58
Épierreux Colas. . . . .	59
Laveur Fricourt. . . . .	60
2° Secouage. — Pesage . . . . .	60
Pesage des betteraves. . . . .	60
3° Râpage. — Ensachage . . . . .	61
4° Extraction du jus. — Première méthode. — Pressurage . . . . .	67
Presse à préparer. . . . .	68
Presse à finir. . . . .	68
<i>Presses continues</i> . . . . .	71
Presse Poizot et Druelle . . . . .	71
Presse Manuel et Socin. . . . .	74
Presse Champonnois . . . . .	76
Presse Collette. . . . .	78
Presse Lebée . . . . .	79
Presse Liebermann. . . . .	79
Presse Piéron. . . . .	81
Presse Larocheaymond . . . . .	81
Presse Dumoulin . . . . .	81
Presse Tissot . . . . .	82
Presse Flament et Douffet. . . . .	83
Extracteur-macérateur à triple pression, système Delloye, Cambier et Douffet . . . . .	83
<i>Extraction du jus. — Deuxième méthode. — Macération</i> . . . . .	85
Procédé Schützenbach. . . . .	86
Macérateur-filtre. . . . .	86
<i>Extraction du jus. — Troisième méthode. — Diffusion.</i> . . . .	86
Théorie de la diffusion. . . . .	90



	Pages.
Forme, nombre et capacité des diffuseurs. — Durée de l'opération. . . . .	91
Arrivée du jus . . . . .	92
Diffuseur Mariolle. . . . .	93
Surfaces tamisantes. — Vitesse de circulation . . . . .	94
Hauteur des diffuseurs . . . . .	94
Chauffage. — Calorisateur. . . . .	94
Utilisation de l'eau de vidange . . . . .	95
Coupe-racines. . . . .	95
<i>Diffusion rotative</i> . . . . .	98
Marche du travail . . . . .	100
<i>Diffusion fixe</i> . . . . .	100
Diffuseur continu. . . . .	103
Diffusion dans le vide. . . . .	104
Presses à cossettes . . . . .	104
Lavage des pulpes de presses. Système Corr. . . . .	105
5° <i>Purification du jus. — Défécation. — Carbonatation. — Généralités</i> . . . . .	107
Défécation. . . . .	108
Solubilité de la chaux dans les solutions sucrées . . . . .	110
Procédé Possoz et Périer. . . . .	111
Four à chaux et à acide carbonique . . . . .	112
Laveur à gaz . . . . .	116
Soufflerie . . . . .	117
Cbandières de carbonatation. — Première carbonatation. . . . .	117
Deuxième carbonatation. . . . .	120
Préparation du lait de chaux. . . . .	120
Titrage du lait de chaux . . . . .	121
Carbonatation des jus de diffusion . . . . .	122
Décanteur méthodique continu . . . . .	122
Monte-jus . . . . .	124
Emploi de l'air comprimé. — Compresseur . . . . .	125
Brise-mousse ou émousseur. . . . .	125
Procédé Oppermann-Manoury. . . . .	126
6° <i>Filtration des écumes et du jus</i> . . . . .	127
Pompes à écumes automatiques. . . . .	127
Presses à écumes. — Filtres-presses. . . . .	128
Filtre-presse à lavage absolu . . . . .	130
Filtre-presse universel. . . . .	131
Filtre-presse Kroog . . . . .	132
Mise en train du filtre-presse. . . . .	135
Principe du déplacement . . . . .	136
Installation de cinq filtres-presse à trente cadres . . . . .	137
Filtre-presse monstre . . . . .	138
Déplacement et lavage dans les filtres-presses . . . . .	139
Filtration mécanique Puvrez. . . . .	140
Filtre mécanique Wackernie. . . . .	141
Filtre à sac Kasalowsky. . . . .	142
Filtre-éponge Perret. . . . .	143
Incrustations et dépôts dans les filtres. . . . .	144
<i>Emploi du noir animal</i> . . . . .	145
Action du noir. . . . .	146
Filtres à noir . . . . .	147
Revivification du noir. . . . .	149
Fermentation sèche. . . . .	149
Fermentation humide. . . . .	150
Lavage à l'eau ou débourbage . . . . .	150
Lavage à l'acide. . . . .	152
Laveur universel rotatif. . . . .	152
Fours à revivifier le noir. . . . .	154
Four Derrien . . . . .	154
Four Lecoite et Villette. . . . .	156

	Pages.
Four Schreiber . . . . .	156
Disposition d'une salle à noir . . . . .	159
Four tournant . . . . .	159
Procédé de revivification supprimant les fours . . . . .	161
Epuration par l'acide sulfureux . . . . .	162
7° Concentration du jus à l'état de sirop . . . . .	162
Appareil Howard . . . . .	163
Appareil Roth . . . . .	164
Appareil Trappe et Louvrier-Gaspard . . . . .	165
Appareil Pelletan . . . . .	166
Appareil Degrand . . . . .	166
Appareil Derosno et Caill . . . . .	167
Appareil d'évaporation à triple effet . . . . .	168
Vase de sûreté ralentisseur . . . . .	173
Triple effet Schreiber . . . . .	176
Appareil Zambaux . . . . .	178
Chauffage à effets multiples. Système Rillieux . . . . .	179
8° Purification du sirop . . . . .	180
9° Cuite du sirop . . . . .	180
Degrés et vérification de la cuite . . . . .	184
Accidents des cuites . . . . .	185
10° Purgation du sucre. — Cristallisation . . . . .	186
Turbinage . . . . .	187
Composition des masses cuites de deuxième jet . . . . .	193
11° Travail des bas produits. Traitement des mélasses . . . . .	194
Nature et composition moyenne de la mélasse . . . . .	194
Méthodes diverses d'extraction du sucre des mélasses . . . . .	195
Premier groupe. — Procédés ayant l'osmose pour base . . . . .	196
Osmogène évaporateur à double osmose . . . . .	199
Osmose calcique perfectionnée Dubrunfaut . . . . .	200
Osmogène à doubles cadres. Système Boulnois . . . . .	200
Osmogène Savary . . . . .	201
Osmogène Selwig et Lange . . . . .	202
Défauts principaux des osmogènes . . . . .	203
Osmogène rationnel Daix . . . . .	204
Deuxième groupe. — Procédé Lair . . . . .	207
Séparation Steffen . . . . .	207
Procédé Lefranc . . . . .	209
Troisième groupe. — Procédé Dubrunfaut, Leplay, à la baryte . . . . .	210
Emploi de la baryte et du phosphate d'ammoniaque . . . . .	210
Procédé Scheibler, à la strontiane . . . . .	212
Quatrième groupe. — Procédé Margueritte . . . . .	214
Cinquième groupe. — Elution . . . . .	215
Procédé Manoury . . . . .	216
Procédé Weinrich . . . . .	217
Procédé Drevermann . . . . .	217
Précipitation Sostmann . . . . .	218
Procédé Seyferth . . . . .	218
Influence de la magnésie dans la fabrication . . . . .	219
Rendements et pertes dans la fabrication du sucre . . . . .	219
12° Raffinage . . . . .	222
Caractères extérieurs des sucres bruts . . . . .	223
Emmagasinage . . . . .	223
Dépotage, Dégraissage . . . . .	223
Fonte et clarification . . . . .	223
Culte et cristallisation . . . . .	225
Mise en formes. Opalage . . . . .	225
Egouttage. Clairçage . . . . .	225
Plamotage. Lochage . . . . .	226
Etuvage . . . . .	226

	Pages.
Procédé Mérijot. . . . .	227
Procédé Vivien . . . . .	228
Résumé des progrès réalisés dans la fabrication du sucre. . . . .	229
Fabrication du caramel . . . . .	231
Altération des cours d'eau par les eaux vannes de sucreries. . . . .	231
<i>Données générales sur la fabrication, les fabriques et les appareils</i> . . . . .	232
Générateurs de vapeur . . . . .	235
Pompes. . . . .	242
Pompes centrifuges Neut et C <sup>ie</sup> . . . . .	243
Pompe Greindl. . . . .	245
Aspirateur-insufflateur à vapeur surchauffée, système Paul Charpentier . . . . .	249
Rafraîchisseur d'air Nezereau. . . . .	249

## CHAPITRE IV

<i>Statistique</i> . . . . .	251
------------------------------	-----

## CHAPITRE V

## SUCRE D'ÉRABLE, DE PALMIER, DE MAÏS, ETC.

Sucre d'érable . . . . .	254
Sucre de palmier . . . . .	254
Sucre de sorgho. . . . .	255
Sucre de maïs. . . . .	256

## CHAPITRE VI

## GLUCOSE

Fabrication de la glucose. . . . .	258
------------------------------------	-----

## CHAPITRE VII

## LÉVULOSE, SUCRE DE LAIT, MÉLÉZITOSE

Lévulose, Sucre de fruits lévogyre . . . . .	261
Lactose ! . . . . .	261
Mélézitose. . . . .	262

## TITRE II

## Deuxième classe de sucres.

## CHAPITRE VIII

## SORBINE, INOSITE, ETC

Sorbine . . . . .	263
Inosite. . . . .	263

## TITRE III

## Troisième classe de sucres.

## CHAPITRE IX

## MANNITE, DULCITE, PINITE, SACCHARINE, ETC.

Mannite . . . . .	265
Dulcite . . . . .	266
Pinite . . . . .	266
Saccharine. . . . .	266

## TITRE IV

## Analyses.

## CHAPITRE X

	Pages.
<i>Contrôle analytique de la fabrication.</i> . . . . .	269
Essai des jus chaulés. . . . .	269
Essai du lait de chaux . . . . .	270
Alcalinité des jus et des sirops . . . . .	270
Action du noir . . . . .	271

## CHAPITRE XI

Analyse des betteraves . . . . .	272
Dosage direct du sucre dans la betterave par la digestion aqueuse Pellet. . . . .	273
Dosage de l'eau . . . . .	274
Dosage des cendres. . . . .	274
Dosage de l'azote dans les pulpes. Procédé Paul Charpentier. . . . .	274

## CHAPITRE XII

## ANALYSE DES SUCRES

Procédés saccharimétriques . . . . .	276
Procédés basés sur le lavage des sucres . . . . .	277
Procédé Dumas. . . . .	278
<i>Procédé saccharimétrique proprement dit</i> . . . . .	278
1° <i>Essai saccharimétrique ou polarimétrique</i> . . . . .	278
Saccharimètre soleil Duboseq . . . . .	280
Polarimètre à pénombre Cornu et Dubosq . . . . .	283
Polarimètre à pénombre Laurent. . . . .	283
Polarimètre Hoffmann à franges . . . . .	289
Saccharimètre à franges et à lumière blanche. Système Duboseq . . . . .	291
Choix des échantillons . . . . .	292
2° <i>Dosage du sucre réducteur</i> . . . . .	293
Méthode de Soxhlet. . . . .	294
Méthode de Fehling. . . . .	294
Formule de M. Violette. . . . .	295
Formule de M. Pasteur . . . . .	295
3° <i>Dosage des cendres.</i> . . . .	296
4° <i>Dosage de l'eau.</i> . . . .	297
Formule de l'analyse . . . . .	297
<i>Procédé par différence.</i> . . . .	297

## CHAPITRE XIII

## ANALYSES DES MÉLASSES, DES NOIRS, ETC.

Analyse des mélasses . . . . .	299
Analyse du noir. . . . .	302
CONCLUSIONS. . . . .	305

